

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Respostas do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e
cobertura do solo em ambiente protegido**

Jokastah Wanzuu Kalungu

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Irrigação
e Drenagem**

Piracicaba
2008

Jokastah Wanzuu Kalungu
Engenheira Agrícola

Respostas do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo em ambiente protegido

Orientador:
Prof. Dr. MARCOS VINICIUS
FOLEGATTI

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Kalungu, Jokastah Wanzuu

Resposta do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio, cobertura do solo em ambiente protegido / Jokastah Wanzuu Kalungu. - - Piracicaba, 2008.
80 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido (plantas) 2. Cobertura do solo 3. Fertilizantes potássicos
Irrigação 5. Tomate I. Título

CDD 635.642

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedico

Meu marido Vitalis, meu filho Fabian, que em todos estes anos estiveram ao meu lado, incentivando e ajudando a realizar este sonho.

Aos meus pais, Agnes, Stephen, Meus Sogros Reba e William pelo apoio, incentivo e por compreender e perdoar a nossa ausência

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado força em todos os momentos

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de aperfeiçoar e adquirir novos conhecimentos;

Ao professor Dr, Marcos Vinicius Folegatti e Dr. Rodrigo Máximo Sánchez-Román pela orientação, amizade, confiança apoio e inspiração;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em irrigação e Drenagem, Dr. José Antonio Frizzone, Décio Eugênio, Dr. Iran José Oliveira da Dilva, Dr. Sergio Nascimento, Dr. Tarlei Arriel Botrel, Dr. Rubens Duarte Coelho, pelos inestimáveis ensinamentos transimidos

Ao professor Prof. Gerson Barreto Mourão pelo auxílio na análise estatística dos dados

Aos colaboradores Janaina Paulino, Henriqu Eritz e Alberto;

Aos amigos que ajudaram na tradução, Ronaldo, Rodrigo, Markus, Rafael, Rodrigo, Janaina, Tales, Silvio, e Ariovaldo pelo ajuda;

Aos companheiros do curso de pós-graduado, Cleoma, Cícero, Pabblo, Priscylla, Adalberto, Alexandro, Anthony, Antonio, Cláudio, Dalva, Fabiana, João, José, Lílian ,Lucas, Marcelo ,Osvaldo, Pedro, Rafael, Robson, Ronaldo, Sérgio, Silvio, Tiago;

As secretarias, Beatriz, Davilma, Sandra e Vanda pela dedicação e constantes apoios;

Aos funcionários Sr. Antônio, Gilma, Hélio e Luiz pela amizade e auxílio durante o curso;

Aos amigos Terezinha dos Santos, Doracy dos Santos, Doralice dos Santos e toda família delas incluído minha família pelo carinho e incentivo recebidos;

Todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 A cultura do tomate.....	16
2.2 Nutrição mineral do tomateiro.....	17
2.3 Irrigação do tomateiro.....	18
2.4 Fertirrigação na cultura do tomate.....	20
2.5 Emprego da cobertura plástica (mulching) na tomaticultura.....	21
2.6 Exigências climáticas do tomateiro.....	21
2.7 Desenvolvimento do tomateiro em ambiente protegido.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Área experimental.....	24
3.2 Produção e transplante de mudas.....	24
3.3 Adubação e correção do solo.....	25
3.4 Sistema de irrigação e fertirrigação.....	26
3.5 Manejo da irrigação e fertirrigação.....	26
3.6 Tratos culturais.....	28
3.7 Tratamentos e delineamento experimental.....	28
3.8 Parâmetros avaliados.....	29
3.8.1 Crescimento vegetativo.....	29
3.8.2 Índice de área foliar.....	30
3.8.3 Massa fresca e seca da parte aérea.....	30
3.8.4 Produtividade comercial, não comercial e total.....	30
3.8.5 Qualidade dos frutos.....	31
3.8.6 Determinação da eficiência do uso da água.....	31

3.8.7 Umidade do solo.....	31
3.8.8 Concentração de potássio.....	32
3.8.9 Condutividade elétrica e pH.....	32
3.9 Parâmetros monitorados.....	32
3.9.1 Temperatura do ar e solo e umidade relativa do ar.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Variação da umidade relativa do ar e temperatura do ar e solo.....	34
4.2 Demanda hídrica do tomateiro.....	37
4.3 Armazenamento de água no solo antes da irrigação.....	39
4.4 Crescimento vegetativo do tomateiro.....	40
4.4.1 Altura de plantas.....	40
4.4.2 Taxa de crescimento relativo.....	44
4.4.3 Variação do índice de área foliar.....	46
4.4.4 Variação da massa fresca e seca.....	48
4.5. Produtividade da cultura.....	50
4.5.1 Produtividade comercial.....	50
4.5.2 Produtividade não comercial.....	53
4.5.3 Produtividade total.....	55
4.6 Qualidade do fruto.....	59
4.6.1 Variação do pH.....	59
4.6.2 Variação dos sólidos solúveis.....	62
4.7 Concentração de potássio nas folhas e substrato.....	64
4.8 Eficiência do uso da água.....	65
4.9 Variação da condutividade elétrica (CE).....	69
5 CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS.....	71

RESUMO

RESPOSTAS DO TOMATEIRO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, DOSES DE POTÁSSIO E COBERTURA DO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é um dos vegetais mais populares e amplamente consumidos e que faz parte importante na dieta diária. A maioria das áreas cultivadas com a cultura é usando irrigação por sulcos e com menor proporção irrigada por gotejamento. Além de baixa eficiência no uso da água, o sistema de irrigação por sulcos possui impacto ambiental negativo, tornando assim o gotejamento um sistema alternativo viável. O experimento foi conduzido com o objetivo de se avaliar o efeito de quatro lâminas de irrigação por gotejamento, três doses de potássio e a presença de cobertura plástica sobre as características agrônômicas do tomateiro *L. esculentum*, cultivar Débora Plus. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 4x3x2, com três repetições. Os tratamentos consistiram de lâminas de irrigação equivalentes a 125, 100, 75 e 50 % da necessidade hídrica da cultura, com doses de potássio de 208, 416 e 624 kg ha⁻¹, com e sem cobertura do solo (“mulching”). A lâmina de irrigação foi aplicada mediante sistema de gotejamento quando a tensão da água no solo estava entre 10 e 15 kPa. As lâminas de irrigação afetaram significativamente os parâmetros de crescimento vegetativo e produtividade. O potássio, o mulching, as interações de irrigação e potássio, de irrigação e mulching, de irrigação, potássio e mulching influenciaram a altura das plantas aos 90 dias após o transplante (DAT), a massa de matéria fresca das plantas e a produção. A eficiência do uso da água (EUA) diminuiu com o aumento das lâminas de irrigação, sendo que a produtividade máxima foi obtida com a aplicação de 0,57 L.dia⁻¹.planta⁻¹. As maiores produtividades total e comercial foram de 86,20 e 79,73 Mg.ha⁻¹, obtidas da combinação de 54,36 L.planta⁻¹. ciclo⁻¹ e dose de potássio de 416 kg.ha⁻¹, sob condições de solo coberto com mulching.

Palavra-chave: *Lycopersicon esculentum*; Fertirrigação; Eficiência do uso da água; “Mulching”

ABSTRACT

RESPONSE OF GREENHOUSE TOMATO CROP TO IRRIGATION LEVELS AND POTASSIUM DOSES GROWN UNDER MULCHED SOIL CONDITIONS IN SÃO PAULO, BRAZIL

Tomato is one of the most popular and widely consumed vegetable which forms a major part of daily diet. Most of the crop is irrigated by furrow irrigation system with fewer experiences with drip irrigation. Apart from low water use efficiency, the main irrigation system poses negative environmental impact thus making drip irrigation viable alternative. The objectives of the study was to evaluate the effect of four drip irrigation levels, three potassium doses and the presence of plastic mulching on water use efficiency and the agronomic characteristics of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill, variety, Débora Plus. The experimental design was a randomized complete design in a 4 x 3 x 2 factorial scheme with three replications. The treatments consisted of irrigation water levels equivalent to 125, 100, 75 and 50% of crop water requirement with potassium doses of 208, 416 and 624 kg ha⁻¹. Irrigation was applied through drip irrigation system when soil water tension was between 10-15 kPa. Irrigation water levels significantly affected crop development parameters and production. Potassium, mulching, interactions of irrigation and potassium, irrigation and mulching, irrigation, potassium and mulching influenced plant height at 90 days after transplant, fresh plant mass and production. Water use efficiency decreased with increase in irrigation levels with daily recommended irrigation water of 0,57 L plant⁻¹ cycle⁻¹. The highest total and commercial yield were 86,20 and 79,73 t ha⁻¹ both obtained with 54,36 L plant⁻¹ cycle⁻¹ and potassium dose 416 kg ha⁻¹ with mulching.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, Fertigation, Water use efficiency, Mulching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição do equipamento de irrigação e fertirrigação.....	28
Figura 2 -	Variação de temperatura máxima (T _{máx}) e mínima (T _{mín}) dentro de casa de vegetação (CV) e fora de estufa (EX) ao longo dos dias após o transplante (DAP), entre 28/06/07 a 02/10/07, em Piracicaba–SP.....	39
Figura 3 -	Variação de Umidade de ar máxima (UR _{máx}) e mínima (UR _{mín}) dentro de casa de vegetação (CV) e fora de estufa (externa), entre 28/06/07 a 02/10/07, em Piracicaba – SP.....	39
Figura 4 -	Temperatura diária do solo máxima (max) e mínima (min) para a profundidade de 5 cm, com mulching plástico no solo (cm) e sem mulching (sm), para irrigação nível I3 em ambiente protegido - Piracicaba, SP, 2007.....	40
Figura 5 -	Variação da altura do tomateiro aos 60 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração, em Piracicaba – SP, 2007.....	47
Figura 6 -	Variação da altura do tomateiro aos 80 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração, em Piracicaba – SP.....	47
Figura 7 -	Variação da altura do tomateiro aos 90 dias após o transplante (DAT), em função de níveis de irrigação (I), doses de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP.....	49
Figura 8 -	Variação do índice de área foliar (IAF) aos 21 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração, em Piracicaba – SP.....	53
Figura 9 -	Variação do índice de área foliar (IAF) aos 81 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração, em Piracicaba – SP.....	53
Figura 10 -	Variação do índice de área foliar (IAF) de tratamentos submetido à diferentes lâminas de irrigação (I) e doses de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), até 81 dias após o transplante (DAT), em Piracicaba – SP...	54
Figura 11 -	Variação da massa fresca de plantas em função da interação entre o volume total de água aplicado (I) e dose de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP.....	56
Figura 12 -	Variação da massa seca de plantas em função da interação entre o volume total de água aplicado (I) e dose de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP.....	56
Figura 13 -	Produtividade comercial de tomate em função da interação entre o volume total de água aplicado e a dose de potássio K2 (416 kg.ha ⁻¹), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP.....	59
Figura 14 -	Produtividade total de tomate em função da interação entre o volume total de água aplicado e a dose de potássio K2 (416 kg.ha ⁻¹), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP.....	64

Figura 15 -	Valores de pH dos frutos de tomate com mulching (cm) e sem mulching (sm) para nível de irrigação I2 - Piracicaba, SP, 2007.....	65
Figura 16 -	Valores de pH dos frutos de tomate com mulching (cm) e sem mulching (sm) para nível de irrigação I3 - Piracicaba, SP, 2007.....	66
Figura 17 -	Variação do pH de frutos de tomate com as condições de cobertura de solo, sem (sm) ou com mulching (cm), níveis de irrigação (I), e doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007.....	66
Figura 18 -	Variação do pH de frutos de tomate com a condição de solo nu (sm) e níveis de irrigação (I), com a variação das doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007.....	67
Figura 19 -	Variação do pH de frutos de tomate com as condições de cobertura de solo, mulching (cm), níveis de irrigação (I), e doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007	67
Figura 20 -	Variação do teor de sólidos solúveis totais (SST) de frutos de tomate em condições de solo sem ou com mulching e dos níveis de irrigação, com a variação das doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007.....	69
Figura 21 -	Variação da eficiência do uso da água (EUA) e produtividade total (PT) com o volume de água aplicado pela irrigação, no tratamento com a dose de potássio K1, em condições de solo com e sem mulching - Piracicaba, SP, 2007	71
Figura 22 -	Variação da eficiência do uso da água (EUA) e da produtividade do tomateiro com diferentes níveis de irrigação (I), associados com doses de potássio (K), em condições de solo com (cm) e sem mulching (sm) - Piracicaba, SP, 2007.....	72
Figura 23 -	Variação da eficiência do uso da água (EUA) e produtividade total (PT) com o volume de água aplicado pela irrigação, no tratamento com a dose de potássio K2, em condições de solo com e sem mulching - Piracicaba, SP, 2007.....	73
Figura 24 -	Variação da eficiência do uso da água (EUA) e produtividade total (PT) com o volume de água aplicado pela irrigação, no tratamento com a dose de potássio K3, em condições de solo com e sem mulching - Piracicaba, SP, 2007.....	74
Figura 25 -	Evolução da condutividade elétrica (EC) ao longo do período de desenvolvimento do - Piracicaba, SP, 2007.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Propriedades químicas do solo.....	28
Tabela 2 -	Propriedades físicas do solo.....	28
Tabela 3 -	Defensivos aplicados para controle de pragas e doenças do tomateiro.....	31
Tabela 4 -	Tratamentos resultantes da combinação de níveis de irrigação (L) e doses de potássio, com presença (cm) ou ausência de mulching.....	32
Tabela 5 -	Parâmetros estimados para o modelo proposto por Genuchten (1980).....	35
Tabela 6 -	Valores médios diários de temperatura do solo, com mulching e sem mulching plástico no solo, para irrigação nível I3, em ambiente protegido - Piracicaba, SP, 2007.....	41
Tabela 7 -	Volume de água aplicado na irrigação do tomateiro em função da porcentagem de reposição da evapotranspiração, em Piracicaba - 2007.....	43
Tabela 8 -	Variação da umidade do solo cultivado com tomateiro ao longo dos dias após o transplante (DAT), em função da porcentagem de reposição da evapotranspiração da cultura, em Piracicaba - 2007.....	44
Tabela 9 -	Análise de variância para altura do tomateiro (cm), aos 20, 40, 60, 80 e 90 dias após o transplante, submetido à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP - 2007.....	46
Tabela 10 -	Variação da taxa de crescimento relativo do tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, em quatro estádios fonológicos, Piracicaba, SP - 2007.....	51
Tabela 11 -	Análise de variância para o índice de área foliar do tomateiro, aos 21, 41, 61, e 81 dias após o transplante, submetido à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP - 2007.....	52
Tabela 12 -	Análise de variância para a massa fresca e seca do tomateiro aos 143 dias após o transplante, quando submetido à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP - 2007.....	55
Tabela 13 -	Análise de variância para produção comercial de tomates, quando as plantas foram submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP - 2007.....	57
Tabela 14 -	Produção comercial média de tomates ($Mg \cdot ha^{-1}$) em plantas submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -	-

	2007.....	58
Tabela 15 -	Análise de variância para produção não comercial de tomates, quando as plantas foram submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007.....	60
Tabela 16 -	Produção não comercial média de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007.....	60
Tabela 17 -	Análise de variância para produção total de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), quando as plantas foram submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP - 2007.....	61
Tabela 18 -	Produção total média de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007.....	62
Tabela 19 -	Variação dos valores de pH e teor de sólidos solúveis totais (SST) nos tratamentos resultantes da combinação de níveis de água, doses de potássio, com e sem mulching no solo.....	65
Tabela 20 -	Concentração de potássio (K^+) nas folhas e no substrato - Piracicaba, SP, 2007.....	70

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) é um dos vegetais mais populares e amplamente consumidos mundialmente, fazendo parte da dieta diária da população brasileira (SILVA; PEREIRA, 1994). A sua aceitação deve-se ao sabor agradável, alto valor nutritivo, rico em vitaminas C e A, ciclo curto de produção e alta produtividade (SILVA; GIORDANO, 2000).

A produção mundial total de tomate no ano de 2005 foi de 125 milhões de toneladas (FAO, 2006), com o Brasil produzindo 3,3 milhões de toneladas em uma área plantada de 58.385 hectares (MELLO, 2006), representando 3% da produção mundial total (FNP, 2001).

Os três maiores estados produtores de tomate do Brasil são: Goiás, Minas Gerais e São Paulo, correspondendo a 50% da safra total do país. Não há nenhuma estatística brasileira oficial da produção distintiva de tomates frescos e processados. Segundo Camargo (2001), em São Paulo são consumidos in natura 68% dos tomates produzidos.

A produção de tomates tem diminuído no estado de São Paulo de 711.500 toneladas e área plantada de 14.340 ha em 1998, para 690.290 toneladas numa área plantada de 11.590 ha, em 2005 (FNP, 2006).

Este declínio poderá continuar devido principalmente à competição com outras culturas e à urbanização. Além de aumentos subseqüentes no valor da terra, as doenças e pragas também se têm tornado um problema sério para a tomaticultura. O custo para manter as doenças sob controle tem reduzido o incentivo para continuar nesta atividade. Os produtores de tomate e a indústria de processamento continuam migrando para o centro-oeste, particularmente para o estado de Goiás, devido a incentivos financeiros e condições favoráveis (ARAÚJO; AUGUSTO, 1999).

A irrigação por sulcos é método mais utilizado na produção de tomate no Brasil (GOMES, 2005). O estado de São Paulo é responsável por 21% da produção nacional anual de tomate fresco com produção média de 58 Mg ha⁻¹ (FNP, 2006). Contudo, estado tem apenas 1,6% das águas Brasileira (92 km⁻³ Anos⁻¹) (MARTINS, 2004), sendo que escassez da água é mais pronunciada na bacia na Piracicaba, Capivari e Jundial (PCJ). Nesta bacia, 25% (1840 ha) da área é usada para a produção de tomate fresco (GOMES, 2005).

A água encontra-se entre os insumos agronômicos mais importantes para aumentar a produção, influenciando a qualidade e quantidade de frutos. Normalmente, a produção hortícola

fora da estação chuvosa requerem a aplicação complementar de água como garantia de produtividade. Além disso, em áreas onde a escassez de água é muito afetada pelo clima desfavorável, o emprego de casa de vegetação e sistema de irrigação com alta eficiência é uma alternativa para a obtenção de melhores colheitas.

As razões econômicas e condições ambientais, tais como diminuição da vazão de fontes de água, encorajaram os produtores a procurar métodos de irrigação mais eficientes, especialmente quando utilizados em culturas de alto rendimento econômico.

Geralmente, aumentos de produtividade têm sido propiciados com o emprego da irrigação por gotejamento e fertirrigação, com economia de água de até 30%, quando comparado com outros sistemas de irrigação (COLLA et.al.,1999, PRIETO et al., 1999), e redução de doenças foliares em até 60% (MAROUELLI; SILVA, 2002).

Não obstante, para aumentar a área irrigada com gotejamento no Brasil seria preciso incrementar as pesquisas públicas e privadas, visando melhorar o manejo da irrigação.

Em regiões áridas, semi-áridas, ou onde os recursos hídricos são escassos, a conservação da água é muito importante. Portanto, o estudo de alternativas de cobertura plástica, além do cultivo em casa de vegetação se torna fundamental.

As casas de vegetação normalmente proporcionam diversos benefícios, como produção fora de época, aumento da produtividade agrícola e maior qualidade dos produtos. Entretanto, exige um manejo adequado da irrigação para se melhorar a produtividade e a qualidade das colheitas nestes ambientes, uma vez que a cultura não tem acesso à água da chuva (LEE; SHIN, 1998) e o controle da aplicação de fertilizantes é mais complexo que a céu aberto.

Besford e Maw (1999) citam que a aplicação da dose total de potássio durante o transplante das mudas pode conduzir à concentração de sais na zona radicular e aumentar as perdas do nutriente por lixiviação, reduzindo a eficiência de seu uso pela planta. A aplicação de potássio através da técnica da fertirrigação permitiu um melhor parcelamento, disponibilizando o nutriente de acordo com a demanda da planta.

Os efeitos da temperatura, luminosidade e fornecimento de nitrogênio no florescimento do tomateiro têm sido amplamente pesquisados, no entanto, existem poucos estudos sobre a combinação de coberturas do solo e fertirrigação com potássio em tomateiro no Brasil (SAMPAIO, 1996), especialmente quando considerados diferentes níveis de irrigação para produção de frutos.

A fertirrigação é compatível com a cobertura plástica, sendo uma prática comum na produção de tomate nos Estados Unidos (BAKI-ABDUL; SPENCE, 1992). A cobertura do solo, ou mulching, tem contribuído para aumentar a produtividade de várias culturas, dentre elas a do tomate (MULLINS et al., 1992; LAMONT, 1993). Este aumento de produtividade é atribuído às melhorias de temperatura do solo e do ar próximo da cobertura, disponibilidade de água e dos nutrientes no solo, quando comparadas com as condições sem cobertura (BRUNINI et al., 1976; HAYNES, 1987).

Uma menor compactação do solo e, conseqüentemente uma maior aeração, quando usado o mulching, também têm se mostrado um dos fatores que influenciam num maior crescimento das plantas (EKERN, 1967; LAMONT, 1993).

A combinação de irrigação por gotejamento e mulching pode levar à economia significativa de água, devido a redução da evaporação, ao redor de 5 a 10%, especialmente quando a cultura está em fase inicial de crescimento (ARAÚJO, 2000).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio aplicadas via fertirrigação, com e sem cobertura do solo, sobre a eficiência do uso de água, crescimento vegetativo e produtividade do tomateiro, variedade Débora Plus, sob condições de ambiente protegido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do tomate

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) pertence à família *Solanaceae*. Fazem parte desta família cultivos importantes como a batata e a berinjela. O tomate tem origem na região árida da costa oeste da América do Sul, ocupada por Bolívia, Chile, Colômbia e Peru (CLEMENT, 2004).

Os maiores produtores de tomate na atualidade são a China, EUA, Turquia, Rússia, Itália, Egito, Índia, Espanha e México (DAVIS et al., 2002).

Em 2004, a produção mundial de tomate foi em torno de 120 milhões de toneladas provenientes de 4,4 milhões de hectares sob cultivo, e tem crescido rapidamente na última década, tanto em termos de produtividade como de área cultivada (FNP, 2006).

Os maiores exportadores de tomate fresco do mundo são a Holanda, México e Espanha, que contabilizam 65% do volume total exportado. Os Estados Unidos foi o maior importador de tomate fresco em 2003, recebendo 25% do volume produzido (CUNNIGHAM, 2004).

Tomates frescos são ingredientes chave na culinária do mundo todo, e tomates processados são utilizados para fazer sopa, suco e outros produtos, sendo os principais nutrientes presentes nas frutas as vitaminas A e C. Em 2005, o tomate produzido para consumo in natura respondeu por 75% da produção brasileira (CUNNIGHAM, 2004).

Produzidos sob cultivo protegido ou aberto em regiões de clima quente, o tomate pode ser colhido a partir de 60 dias. Geralmente, a cultura de tomate requer um grande investimento em tempo e serviço, porém uma maior intensidade no manejo é retribuída em maiores produtividades e lucros (SANDERS, 2001).

2.2 Nutrição mineral do tomateiro

Aplicações de fertilizantes na produção geralmente garantem suprimentos adequados de nutrientes, resultando em boa qualidade e grandes rendimentos agrícolas. São práticas essenciais na produção do tomateiro, dentre outras práticas, um acurado manejo nutricional (MENGEL, 1997).

O tomate é considerado uma das plantas hortícolas com maior demanda de nutrientes, sendo a absorção lenta durante os primeiros estádios de desenvolvimento e mais acentuada durante o estabelecimento e preenchimento do fruto, diminuindo com o processo de maturação.

A quantidade e tipo de nutriente fornecido podem influenciar não apenas na produtividade, mas também na qualidade nutricional, sabor e até mesmo no manejo pós-colheita.

O fornecimento adequado de potássio é importante para o processo de ativação enzimática, fotossíntese e transporte no floema (MARSCHNER, 1995). Este nutriente não participa da constituição estrutural da planta, mas regula o equilíbrio hídrico, a mobilidade de nutrientes e açúcares nos tecidos das plantas, e participa na síntese de proteínas.

Pode-se destacar, entre os sintomas da deficiência de potássio, a podridão dos frutos e o ataque pelo vírus do mosaico. Uma carência moderada de potássio pode não levar a detecção de sintomas, mas a uma redução no crescimento e na produtividade (COWELL, 2000).

Uma estratégia razoável para o suprimento de Nitrogênio (N) via fertirrigação, seria aplicar um total de 100-180 kg de N por hectare em múltiplas aplicações, concentradas previamente à rápida absorção na fase de produção (HARTZ, 2005). Já o manejo do potássio (K) é uma questão mais complexa, experimentos em campos convencionais de irrigação têm mostrado uma resposta ineficiente à adubação potássica, quando os níveis de concentração no solo foram superiores a 130 ppm.

Baseados em dados de pesquisa, a resposta em termos de produtividade à adubação potássica pode ser obtida com até 300 ppm de potássio extraível ou quando este representar menos de 2,5% da capacidade de troca de cátions do solo.

A técnica mais adequada para aplicação de potássio é durante a formação dos frutos (HARTZ, 2005). Produtividades totais e comerciais de tomate foram encontradas de 86,4 e 73,4 toneladas por hectare com suprimentos de K de 198 e 194 kg ha⁻¹, respectivamente (FONTES et al., 2000).

Winsor (1967) observou que a porcentagem de desuniformidade de maturação de frutos, formas irregulares e frutos ociosos diminuíram com o maior fornecimento de K. Murphy (1964) descobriu que aplicações de potássio em solos arenosos levaram a um incremento de 65% na altura das plantas, porém a resposta foi pequena em solos que possuíam maiores reservas de potássio.

A faixa ótima de pH para tomates é de 6,0 a 6,5, essa é a faixa em que a disponibilidade de todos os nutrientes essenciais é máxima. Os problemas causados por *Fusarium* são reduzidos quando é aplicado calcário ao solo, no entanto, até o solo atingir o pH de 6,5, acima disso, há redução na disponibilidade de micronutrientes. Em áreas onde o solo é alcalino (pH > 7,0), deficiências de micronutrientes podem ser corrigidas com aplicações foliares (SIMONNE; HOCHMUTH, 2003).

A planta de tomate é moderadamente sensível à salinidade, o período de maior sensibilidade à salinidade é durante a germinação e o início do desenvolvimento da planta (FAO, 2001).

2.3 Irrigação do tomateiro

A irrigação é um dos fatores mais importantes para produção agrícola de tomate, sendo que o melhor manejo da irrigação reduz a percolação da água, melhora a eficiência e resulta em melhor produção e maior eficiência no uso da água disponível na agricultura irrigada (DENG et al., 2006). Todavia, para atingir um balanço entre escassez de água e melhor produção de alimentos, os agricultores precisam adotar um regime de economia de água (SILVA, 2002).

Os efeitos positivos da irrigação por gotejamento quando comparada com os outros sistemas de irrigação são atribuídos à alta uniformidade de aplicação da água e controle da zona de desenvolvimento radicular, garantindo o crescimento da planta sob adequada umidade de solo (HANSON et al, 2005).

O sistema de irrigação por gotejamento tem o potencial de aplicar água com precisão e uniformidade com alta frequência de irrigação (WAN; KANG, 2006) quando comparado com irrigação por superfície ou por aspersão. Esta característica da irrigação por gotejamento garante que exista o potencial de reduzir a drenagem sub-superficial, controlar a salinidade do solo e incrementar a produtividade (HANSON et al., 2005; BAJRACHARYA; SHARMA, 2005).

Pesquisas têm demonstrado que maiores produtividades de tomate são obtidas na irrigação por gotejamento em comparação com outros métodos de irrigação.

Tekinel et al. (1989) compararam a irrigação por gotejamento com métodos convencionais de irrigação para tomateiro e obtiveram uma maior eficiência do uso de água com a irrigação por gotejamento.

Jadhaw et al. (1990) testou os sistemas de irrigação por gotejamento e irrigação por sulco na produção de tomate, encontrando maior produtividade no cultivo irrigado por gotejamento.

O tomateiro requer de 25,4 a 38,1 mm de água semanalmente, com o suprimento uniforme de água reduz-se a podridão apical resultando em maiores produtividades e melhor qualidade (SANDERS, 2001).

A demanda hídrica depende do estágio em desenvolvimento da planta e da demanda por evaporação. Picos de consumo de água ocorrem durante a definição da inserção dos frutos e seu desenvolvimento, o fornecimento irregular ou inadequado de água durante estes períodos pode resultar em má qualidade dos frutos ou podridão apical.

O tomateiro tolera um pequeno estresse de umidade, por isso o monitoramento constante do solo é necessário para evitar irrigações inadequadas.

Sensores de monitoramento da umidade medem simultaneamente a tensão e a água total no solo, o posicionamento do sensor em relação ao gotejador é crucial, uma vez que a umidade do solo varia com a distância lateral da linha de irrigação e a profundidade acima da linha de gotejamento. As leituras de sensores muito próximas, ou muito distantes do gotejador podem não ser representativas da umidade na zona radicular (HARTZ, 2005).

A demanda total de água depois do transplante de uma produção de tomate cultivado por 90 a 120 dias é de 400 a 600 mm. Os requerimentos hídricos são afetados pelo solo, planta, clima e manejo dos fatores e podem se relacionar à evapotranspiração (ET_o) em mm/período, sendo usualmente representados por um fator de produção (K_c) para diferentes estágios de desenvolvimento (FAO, 2001).

O máximo consumo de água ocorre durante formação de frutos e desenvolvimento destes (TAN, 2001). A cultura possui um bom desenvolvimento radicular em solos profundos e penetra até 1,5 m de profundidade. A máxima profundidade de crescimento das raízes é atingida após 60 dias do transplante, cerca de 80% da absorção de água ocorre na camada de solo nos primeiros 0,5 e 0,7 m e o restante 100% de 0,7 a 1,5 m (TAN, 2001).

2.4 Fertirrigação na cultura do tomate

A fertirrigação é considerada como o fator de maior influencia no incremento da produção agrícola (CADAHIA, 1998) e segundo Elving (1982) é amplamente usada na agricultura irrigada moderna e na produção de bens de consumo exportáveis de alta qualidade (MILLER et al., 1981).

Aspersões e gotejadores têm se mostrados altamente eficientes na fertirrigação, porém sistemas de gotejamento são os mais utilizados em horticultura e nas produções de maior valor agregado, tendo se mostrado como o mais eficiente na redução da lixiviação de nutrientes, além de concentrar os nutrientes na zona radicular (MILLER et al., 1981; BRESLER, 1997).

O gotejamento, dentre os outros sistemas de irrigação é o mais utilizado na fertirrigação, pois possibilita que nutrientes sejam aplicados quando necessários e em concentrações recomendada na zona de umidade dos gotejadores, onde as raízes das plantas estão mais ativas.

A fertirrigação melhora a eficiência do uso dos fertilizantes pela planta (PHENE et al., 1991; LOCASCIO et al., 1989) e produz uma economia significativa de fertilizantes (TUMBARE et al., 1999).

A aplicação de fertilizantes via fertirrigação, pode convenientemente se igualar aos requerimentos da planta dependendo do seu estágio de crescimento (KOVACH, 1983).

A eficiência da fertirrigação exige um manejo adequado de água e nutrientes (HARTZ, 2005), requer ainda, conhecimento de certas características das plantas como taxas de consumo diário e distribuição de raízes no solo.

Características dos nutrientes como solubilidade e mobilidade, aspectos qualitativos da água de irrigação como pH, conteúdo de minerais, salinidade, e solubilidade de nutrientes devem ser considerados (BILL, 2001).

De acordo com Holmer e Schnitzler (1997) as plantas de tomateiro fertirrigadas produziram significativamente mais em relação às plantas irrigadas por superfície, com produtividades aproximadas de 56,8 e 33,5 Mg.ha⁻¹, respectivamente.

Soluções de ácidos fosfóricos e fosfatos amoniacais podem ser utilizados como fonte de fósforo na irrigação por gotejamento, porém a solução de fosfato de amônio está sujeita à precipitação se injetados em água com alta concentração de cálcio e magnésio. Fertirrigação com potássio é comumente aplicada com o uso de cloreto de potássio, pois tem boa solubilidade e custo relativamente baixo (BILL, 2001).

2.5 Emprego da cobertura plástica (mulching) na tomaticultura

A técnica da cobertura plástica (mulching) para produzir tomates e outras produções vegetais é extensa, a cobertura do solo com plástico preto de polietileno é uma técnica costumeira dos produtores brasileiros do Sul, em sistemas protegidos (STRECK et al., 1994).

A cobertura plástica favorece um maior crescimento da planta, acelera a maturação e aumenta a produtividade (HAYNES, 1987). Permite também a redução da amplitude térmica do solo, conserva a água, reduz a perda de nutrientes por lixiviação e o controlam as ervas daninhas (LAMONT, 1993).

Coberturas com polietileno (PE) têm levado ao incremento em crescimento e produtividade em várias culturas, incluindo o tomateiro (MULLINS et al., 1992; LAMONT, 1993). Esse aumento no crescimento e na produtividade é atribuído às modificações na temperatura do solo e do ar próximo a cobertura, balanço hídrico e disponibilidade de nutrientes (BRUNINI et al., 1976; HAYNES, 1987).

Sanders (1996) observou aumento de produtividade e qualidade de tomate e pimenta quando foi utilizada cobertura plástica.

Menor compactação do solo e maior aeração também contribuem para o crescimento da planta (LAMONT, 1993).

2.6 Exigências climáticas do tomateiro

O tomate é um vegetal de clima quente e demanda uma longa estação de crescimento, estando a rapidez de seu crescimento relacionada à temperatura e a idade da planta (SELINA; BLEDSOE, 2002).

A temperatura mínima requerida para a germinação fica entre 8°C e 11°C, enquanto as temperaturas máximas para boas produções ficam entre 16°C e 29°C (PEET et al., 1997). A temperatura de germinação para o tomate geralmente varia entre 15°C e 25°C (THOMSON, 1974; MOBAYEN, 1980) e a temperatura média para crescimento é de 21°C, porém a planta pode tolerar uma variação de 10°C a 34°C.

Todavia, temperaturas maiores que 40°C ou abaixo de 10°C levarão ao amarelecimento de frutos ou a redução de licopeno, responsável pela coloração vermelha dos frutos de tomate e na concentração de caroteno que vai influenciar na redução de produtividade.

Explicações têm sido fornecidas para o baixo desempenho do tomate em altas temperaturas, dentre estas incluem produção de pólen anormal, desenvolvimento anormal das partes reprodutivas femininas, desbalanço hormonal e falta de polinização (ABDALLA; VERKERK, 1968). Dinar e Rudich (1985) relatam que altas temperaturas afetam diversos processos fisiológicos e bioquímicos do tomateiro que podem levar a redução de produtividade.

Além do consumo hídrico, o tomate depende da radiação solar, da temperatura, do vento e da umidade relativa. O produto entre a temperatura do ar e a radiação pode ser utilizado para estimar o consumo hídrico máximo do tomateiro (TAN, 1980).

A umidade relativa tem efeito indireto no desenvolvimento e produção de tomate, sendo que chuvas intensas e alta umidade relativa favorecem a presença de doenças levando ao uso de inseticidas e pesticidas.

Recomenda-se que o tomateiro seja plantado em área com umidade relativa baixa e baixa precipitação. Quando as condições de estufa estão aliadas às altas temperaturas ocorre o incremento da transpiração, fechamento estomático, redução na polinização e abortamento das flores.

Chuvas excessivas ou excesso de água aplicada por irrigação afeta a qualidade dos frutos, a redução total de sólidos solúveis e aumento da incidência de fungos na polpa, também solos com drenagem deficiente podem levar a limitação do desenvolvimento das raízes, com menor absorção de nutrientes e variação na umidade do solo (MACÊDO, 2002).

2.7 Desenvolvimento do tomateiro em ambiente protegido

A produção de tomates em estufa possibilita aos produtores cultivarem plantas no período em que as condições naturais de ambiente seriam desfavoráveis. O maior propósito de uma estufa é manter um ambiente que promova altas produções, esse sistema protege plantas de temperaturas extremas, chuvas, ventos, granizo, insetos e doenças entre outros.

Ainda a temperatura pode ser controlada, a ventilação pode ser providenciada e resfriada, a umidade controlada, dióxido de carbono pode ser adicionado, água e fertilizantes podem ser fornecidos em níveis adequados.

O propósito de alterar um ambiente é prover condições constantes onde plantas possam responder ao potencial e não apenas evitar extremos climáticos (SNYDER, 1997).

Mundialmente a produção hortícola em estufas cresce numa faixa de 7% por ano em uma área maior que 100 mil hectares, consumindo cerca de 1.250.000 toneladas por ano de filme

plástico destinado a agricultura (MACÊDO, 2002). No Brasil, cerca de 4.000 toneladas de filme plástico são utilizados em estufas (TAKAZAKI; DELLA VECCHIA, 1993) e atualmente o cultivo em estufas representa uma fatia significativa na produção brasileira de vegetais.

Em regiões onde o clima não é favorável para crescimento de plantas o uso de estufas pode ser uma alternativa para estabilizar o crescimento das plantas, garantindo suprimento por todo o ano.

Entre as vantagens de se cultivar em ambiente protegido encontra-se o aumento de produtividade, alta qualidade de frutos e suprimento contínuo de produção mesmo em áreas onde o clima é desfavorável (OLIVEIRA et al., 1997).

Ainda, estufas protegem as culturas das chuvas evitando perdas por lixiviação elevando a concentração de nutrientes na zona radicular que é eficientemente utilizado pelas plantas.

Tomates produzidos em estufa são comercializados in natura, enquanto estes tomates retêm um preço exclusivo no mercado, não são usados para processamento, isto porque tomates de estufa são considerados impróprios em mercados de processamento por causa de seu conteúdo de água (SELINA; BLEDSOE, 2002). Porém, existe o problema de controle de altas temperaturas, umidade, doenças e infestações dentro de estufas (OLIVEIRA et al., 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

Este experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), município de Piracicaba, Estado de São Paulo, com coordenadas geográficas 22°42’00” de latitude Sul, 47°38’00” de longitude Oeste e 520m de altitude média.

De acordo com a classificação de Köppen (1936), o clima da região é do tipo Cwa, úmido no verão, seco no inverno, com temperatura média de 24,8°C no verão, 17,1°C no inverno e média anual de 21,4°C, sendo a precipitação média anual de 1.247 mm.

Utilizou-se uma casa de vegetação do tipo arco simples, com orientação Leste-Oeste e dimensões de 17,5 m de comprimento, 6,4 m de largura, pé-direito de 3,0 m e altura de arco de 1,2 m, a qual era coberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura. Suas laterais eram constituídas de tela sombrite de 60% e cortinas, com mesmo filme plástico de cobertura, com mecanismo de abertura e fechamento.

Instalou-se no interior da casa de vegetação um sistema de tutoramento, construído com mourões de madeira e arames fixados a 1,8 m de altura, em relação ao solo.

3.2 Produção e transplante de mudas

Neste experimento optou-se pelo cultivo da cultura do tomate, variedade Débora Plus, tipo longa vida, por ser resistente a doenças e apresentar alta produtividade.

As sementes foram plantadas em bandeja de isopor com 128 células, usando-se substrato comercial (Plantmax).

As mudas foram transplantadas aos 34 dias após o plantio, quando atingiram 15 cm de altura média, para vasos plásticos com volume de 0,2118m³ e área superficial de 0,706 m², dispostos no espaçamento de 0,5 x 1,0m, entre vasos e entrelinha, respectivamente.

Uma semana antes do transplante, os vasos foram cobertos com um mulching plástico, dupla face, prata na face superior e preto na face inferior, 25 micron de espessura, tensão de resistência à fratura de 28 MPa, alongamento de 400% até a fratura, transmissão de radiação fotossinteticamente ativa menor que 1% e reflexão da radiação fotossinteticamente ativa maior

que 25%. Este filme plástico foi perfurado, permitindo o transplante da planta e a inserção dos emissores de irrigação.

Estes vasos foram irrigados uniformemente com um total de 3,3 litros cada, durante os 11 dias após o transplante das mudas, sendo as irrigações subseqüentes realizadas de acordo com as percentagens definidas para cada tratamento.

Utilizou-se um total de 130 vasos, cada qual com um tomateiro. Deste total, 58 eram bordadura e não foram considerados na avaliação final dos resultados.

3.3 Adubação e correção do solo

O solo utilizado nos vasos foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999), fase arenosa, procedente do campus da ESALQ, o qual é denominado Série “Sertãozinho”. As Tabelas 1 e 2 apresentam as suas características químicas e físicas, respectivamente.

Tabela 1 - Propriedades químicas do solo

pH	Mo	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol dm ⁻³					mg dm ⁻³			
4,9	20,0	5,0	8,0	2,3	16,0	9,0	1,0	22,00	0,60	1,10	39,0	18,5	2,2

Tabela 2- Propriedades físicas do solo

Camada	Umidade	Densidade	Frações granulométricas			Textura
	Volumétrica	do solo	Areia	Silte	Argila	
M	%	g.cm ⁻³	%			
0 - 0,20	27,50*	1,45	70,50	11,00	18,60	Arenosa

Como medida fitossanitária preventiva, antes do transplante das mudas, aplicaram-se 3 gramas de inseticida/nematicida Carbofurano em cada vaso, homogeneizando-as no solo.

A correção e adubação foram realizadas com base na análise química do solo, aplicando-se 144,0 kg de nitrogênio (N), 434,0 kg de fósforo (P₂O₅), 72,0 kg de cálcio, 28,0 kg de magnésio, 3,0 kg de zinco, 1,4 kg de boro e 3,6 kg de calcário (CaCO₃.MgCO₃) por hectare, dois meses antes do transplante das mudas.

3.4 Sistema de irrigação e fertirrigação

Neste trabalho empregou-se um sistema de irrigação por gotejamento, composto por motobomba Hidrobloc P500 de 0,5 cv, painel de controle, filtros, válvulas, manômetro, linhas laterais de PVC com 13 mm de diâmetro, microtubos e estacas gotejadoras, sendo dois emissores autocompensantes por vaso, com vazão de 2 L.h^{-1} cada, sob pressão de serviço de 10,4 kPa.

A fertirrigação foi aplicada com o mesmo sistema de irrigação, utilizando-se também quatro tanques de 130 litros cada e um de 400 litros para preparo e armazenamento da solução de fertilizantes. A Figura 1 apresenta o esquema do equipamento de irrigação e fertirrigação.

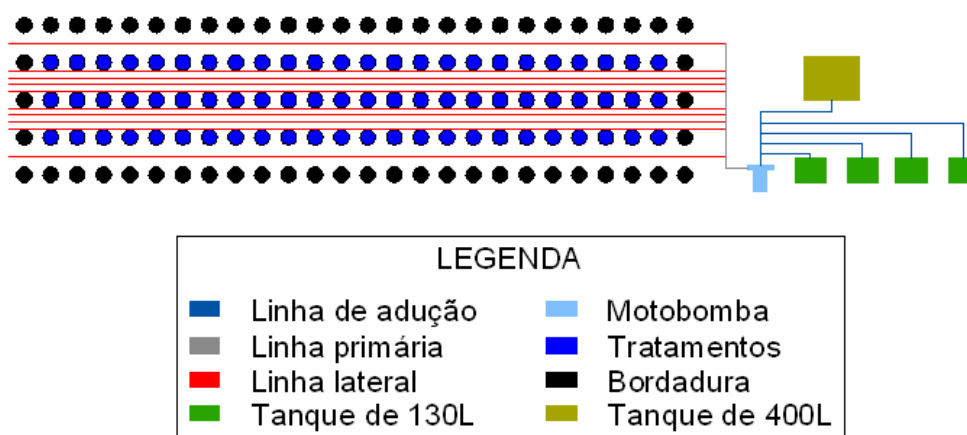


Figura 1 - Distribuição do equipamento de irrigação e fertirrigação

3.5 Manejo da irrigação e fertirrigação

A irrigação foi realizada sempre que o potencial mátrico médio de água no solo atingisse valores entre 10 e 15 kPa, segundo a recomendação de Alvarenga (2004), repondo-se a água de acordo com cada tratamento. Para a determinação deste potencial, instalaram-se seis tensiômetros na profundidade de 0,15 m, distanciados 0,05 m do caule da planta, no tratamento que recebia a reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (I3).

O tempo de irrigação de cada tratamento foi determinado através da eq. 1:

$$TI = \frac{E.e.(\Theta_{cc} - \Theta_a).Cs}{q.n.ef} \quad (1)$$

sendo:

TI - tempo de irrigação por planta, horas;

E - espaçamento entre linhas, metros;

e - espaçamento entre plantas, metros;

Θ_{CC} - umidade volumétrica na capacidade de campo, $m^3.m^{-3}$;

Θ_a - umidade volumétrica atual, $m^3.m^{-3}$;

Cs - camada de solo considerada, m;

q - vazão do emissor, $m^3.hora^{-1}$;

n - número de emissores por planta;

ef - eficiência de aplicação, 0,9.

A fertirrigação foi realizada de acordo com a taxa de absorção e necessidade da cultura, segundo a recomendação de Alvarenga (2004), com exceção das doses de potássio, as quais variaram em função de cada tratamento.

Antes de cada fertirrigação, os fertilizantes eram dissolvidos previamente em tanques. O sistema de irrigação era então pressurizado com água pura durante um quarto do tempo total de operação, permitindo a uniformização da distribuição dos emissores. Em seguida, iniciava-se a injeção de fertilizantes de acordo com cada tratamento, sendo que a solução succionada passava por bomba e filtros antes de atingir as linhas laterais de irrigação.

Após a aplicação de fertilizantes, o sistema permanecia pressurizado com água pura para permitir a limpeza do sistema, evitando a corrosão da bomba e o entupimento dos emissores por resíduos.

A irrigação e fertirrigação foram realizadas sempre entre as 8 e 12 horas da manhã, sendo que os totais aplicados se encontram no Anexo 1.

3.6 Tratos culturais

As plantas foram tutoradas duas semanas após o transplante das mudas, mantendo-as eretas a partir de então, com o objetivo de se reduzir perdas de frutos por contato com o solo e melhorar a qualidade dos mesmos, além de otimizar a área interna da casa de vegetação.

As plantas foram conduzidas de acordo com a recomendação de Carvalho (2002), mantendo-se apenas um ramo principal e eliminando-se as demais ramificações laterais.

As podas de limpeza e condução foram realizadas duas vezes por semana, propiciando-se assim crescimento uniforme das plantas.

O controle das plantas invasoras foi feito manualmente quando necessário, enquanto que o controle fitossanitário foi realizado preventivamente aplicando-se semanalmente os produtos listados na Tabela 3, de acordo com a recomendação do fabricante.

Tabela 3 - Defensivos aplicados para controle de pragas e doenças do tomateiro

Defensivos	Dosagem para 100 litros de água
Dithane NT (Manganese ethylenebis)	25 gramas
Vertimec(10E,14E,16E,22Z)	75 mililitros (ml)
Fórum (Dimetomorfe)	75 gramas
Match Ce (Lufenurom)	75mililitros (ml)
Danimen 300 CE (Fenpropatrina)	10 gramas
Confidor 700 WG (Imidacloprido)	20 gramas

3.7 Tratamentos e delineamento experimental

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4x3x2, resultando em 24 tratamentos, cada um com três repetições (Tabela 4).

Os tratamentos foram compostos através da combinação de três fatores que incluíram 4 níveis de irrigação (I1 = 50%, I2 = 75%, I3 = 100%, I4 = 125% de reposição da capacidade de armazenamento de água no solo), três doses de potássio (K1 = 208, K2 = 416, K3 = 624 kg.ha⁻¹ de K₂O) e dois sistemas de condução, um com mulching (cm) e outro sem mulching (sm).

O efeito dos níveis de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo foram comparados pela análise de variância (ANOVA), usando o sistema SAS (PROC GLM, SAS Institute, 1998) e

as médias foram comparadas usando o teste múltiplo de Duncan (DMRT), enquanto que as interações foram feitas usando a mínima diferença significativa (LSD).

Tabela 4 - Tratamentos resultantes da combinação de níveis de irrigação (L) e doses de potássio, com presença (cm) ou ausência de mulching

Doses de potássio (kg ha ⁻¹)	Níveis de irrigação*			
	I1 (50%)	I2 (75%)	I3(100)	I4 (125%)
Com mulching (cm)				
K1 = 208	I1K1cm	I2K1cm	I3K1cm	I4K1cm
K2 = 416	I1K2cm	I2K2cm	I3K2cm	I4K2cm
K3 = 624	I1K3cm	I2K3cm	I3K3cm	I4K3cm
Sem mulching (sm)				
K1 = 208	I1K1sm	I2K1sm	I3K1sm	I4K1sm
K2 = 416	I1K2sm	I2K2sm	I3K2sm	I4K2sm
K3 = 624	I1K3sm	I2K3sm	I3K3sm	I4K3sm

* Reposição da capacidade de armazenamento de água no solo

3.8 Parâmetros avaliados

3.8.1 Crescimento vegetativo

A altura da planta foi mensurada com auxílio de uma trena graduada em centímetros, aos 20, 40, 60, 80 e 90 dias após o transplante (DAT), considerando a distância entre a superfície do solo e o ponteiro da planta.

A taxa de crescimento relativo foi determinada utilizando-se a metodologia para a análise de crescimento citada por Magalhães (1985), conforme a eq. (2):

$$TCR = \frac{\ln ALT^F - \ln ALT^I}{\Delta T} \quad (2)$$

sendo:

TCR - taxa de crescimento relativo, m.m⁻¹.dia⁻¹;

\ln - logaritmo neperiano;

ALT^F - altura da planta no período atual, m;

ALT^I - altura da planta no período anterior, m;

ΔT - intervalo de tempo entre duas medições consecutivas, dias.

3.8.2 Índice de área foliar

Para a estimativa da área foliar, amostrou-se todas as folhas, de diversos tamanhos, de um tomateiro, mensurando-se a largura, comprimento e área foliar. Posteriormente, realizou-se uma regressão simples correlacionando estas variáveis.

3.8.3 Massa fresca e seca da parte aérea

Para a determinação da massa fresca e matéria seca, pesou-se somente a parte aérea da planta, sem os frutos, utilizando-se uma balança de precisão, marca Mante, modelo A 500, com precisão de 0,01 g. A massa fresca foi mensurada logo após o corte da planta, enquanto que a matéria seca foi obtida após a secagem das amostras em estufa, a 60°C até atingir peso constante.

3.8.4 Produtividade comercial, não comercial e total

A produção total foi determinada através da pesagem de frutos colhidos a partir dos 70 dias após o transplante, em 10 colheitas semanais sucessivas, sendo expressa em $Mg \cdot ha^{-1}$.

Os frutos foram classificados de acordo com a portaria 553/1995 do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, considerando o diâmetro como grande, quando maior que 60 mm, médio entre 50 e 60 mm, e pequeno, quando menor que 50 mm. Os frutos com diâmetro maior que 40 mm foram considerados comerciais, enquanto os não comerciais foram aqueles com diâmetro menor, assim como os frutos com deformação, verdes ou com podridão.

3.8.5 Qualidade dos frutos

Durante a colheita, foram coletados aleatoriamente, dois frutos por planta, totalizando 6 por tratamento, com o objetivo de se determinar às características químicas, sendo estas o pH e sólidos solúveis totais (°Brix).

3.8.6 Determinação da eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água foi obtida considerando massa total de frutos por volume total de água aplicado em cada tratamento.

3.8.7 Umidade do solo

Para o monitoramento da umidade do solo e determinação do volume de água a ser aplicado, instalaram-se seis tensiômetros nas profundidades de 0,15 m e seis na de 0,25 m, situados a 0,05 m do caule da planta, no tratamento I3, o qual era irrigado sempre até atingir a capacidade de campo.

As leituras diárias dos potenciais matriciais foram convertidas em umidade volumétrica através do modelo de Genuchten (1980), permitindo o cálculo do armazenamento da água no solo, de acordo com a eq. (3):

$$\theta_a = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha |\Psi_m|)^n\right]^m} \quad (3)$$

sendo:

θ_a - umidade atual, $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$;

θ_r - umidade residual, $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$;

θ_s - umidade de saturação, $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$;

Ψ_m - potencial matricial, cca;

α , m e n - coeficientes gerados pelo modelo.

Os parâmetros estimados para o modelo de Genuchten (1980) se encontram na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros estimados para o modelo proposto por Genuchten (1980)

Camada	α	M	N	θ_s	θ_r
M	cm^{-1}			$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$	
0,0-0,2	0,13	0,88	1,12	0,49	0,11

O armazenamento de água no solo foi determinado antes de cada irrigação através do método padrão de estufa (gravimétrico), citado por Bernardo (1995), coletando-se três amostras de cada tratamento, com (cm) e sem mulching (sm), com o objetivo de se quantificar a capacidade da cobertura em reduzir as perdas por evaporação da água do solo.

3.8.8 Concentração de potássio

Para a determinação da concentração de potássio, coletaram-se aleatoriamente 30 folhas por tratamento no início do período de frutificação, as quais foram encaminhadas para análise em laboratório.

3.8.9 Condutividade elétrica e pH

A condutividade elétrica e o pH foram determinados em amostras coletadas semanalmente por extratores de solução, semelhantes aos utilizados por Silva (2002). Cada tratamento possuía três extratores, instalados em posições análogas a dos tensiômetros, ou seja, na profundidade de 0,15 m e a 0,05 m do caule da planta. A rotina utilizada para obtenção destas amostras consistia em se aplicar cerca de 60 kPa de vácuo no extrator, durante aproximadamente 30 segundos, seis horas após cada irrigação, retirando-nas na manhã do dia seguinte. A condutividade elétrica e o pH das amostras foram determinados em laboratório com o auxílio de um condutivímetro e um peagâmetro de mesa, respectivamente.

3.9 Parâmetros monitorados

3.9.1 Temperatura do ar e solo e umidade relativa do ar

As variáveis micrometeorológicas monitoradas foram temperaturas máximas e mínimas, e umidade relativa do ar.

As temperaturas foram mensuradas com o auxílio de sensores termopares, conectado a um sistema de coleta de dados automático, programado com tempo de varredura de 15 minutos.

A temperatura externa foi obtida no posto agrometeorológico pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP. O equipamento foi colocado a um metro acima dos vasos.

A umidade relativa do ar foi registrada por um termo higrômetro digital modelo Thermo-Hygro Clock.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variação da umidade relativa do ar e temperatura do ar e solo

Os dados diários de temperatura e umidade relativa do ar, registrados dentro da casa-de-vegetação e no ambiente externo durante o período experimental são apresentados nas Figuras 2 e 3.

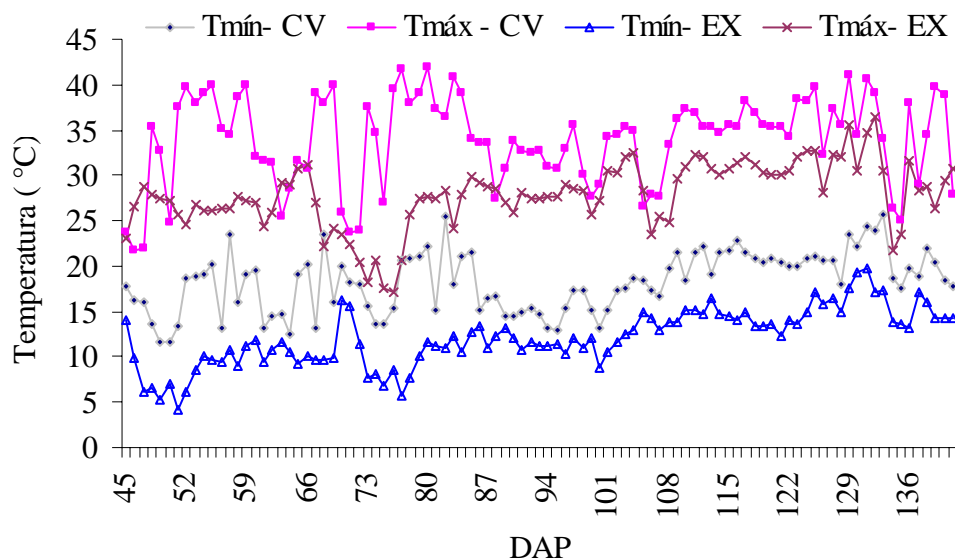


Figura 2 - Variação de temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) dentro de casa de vegetação (CV) e fora de estufa (EX) ao longo dos dias após o transplante (DAP), entre 28/06/07 a 02/10/07, em Piracicaba - SP

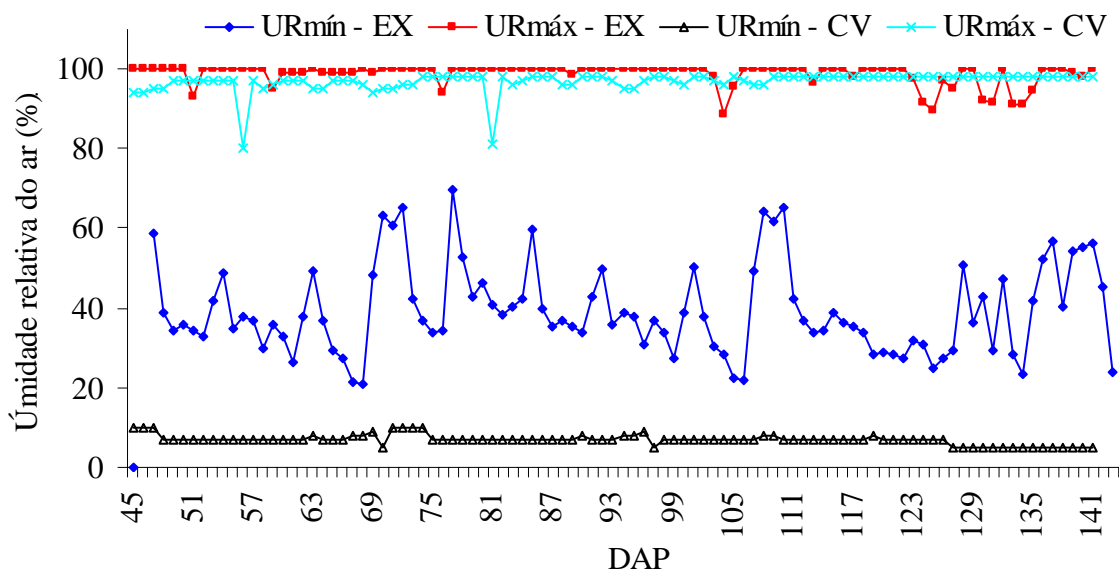


Figura 3 - Variação de Umidade de ar máxima (URmáx) e mínima (URmín) dentro de casa de vegetação (CV) e fora de estufa (externa), entre 28/06/07 a 02/10/07, em Piracicaba - SP

A despeito da expectativa de baixas temperaturas, uma vez que o experimento ocorreu nos últimos três meses de inverno, a temperatura máxima atingida dentro da casa-de-vegetação foi de 41,93 °C, com uma temperatura média diária de 34,50 °C, sendo maior que a temperatura média diária externa, que foi de 21,00°C.

Embora a estufa tivesse ventilação natural e um sistema de abertura e fechamento para controle de clima, as temperaturas interna na estufa foram ocasionalmente mais altas que o recomendado para o cultivo do tomate. Estas altas temperaturas dentro da estufa poderiam ter afetado negativamente não apenas o desenvolvimento fisiológico do tomateiro, mas também sua produtividade, como relatam Abdalla e Verkerk, (1968) e Dinar e Rudich (1985).

A umidade relativa do ar máxima e mínima dentro da casa-de-vegetação foi, na maioria das vezes, menor que a registrada no ambiente externo, sugerindo que o microclima do ambiente interno era menos favorável à proliferação de patógenos, quando comparado ao externo.

A mais alta temperatura do solo ocorreu em condições de solo coberto com mulching, na profundidade de 5 cm (Figura 4). A temperatura média para o período experimental foi de 29,91 e 22,81°C para condições de solo coberto e descoberto, respectivamente. A amplitude, para estas condições, foi de 2,40 e 8,60°C. A temperatura foi elevada durante o início do crescimento da

cultura, antes da cultura formar sombra na superfície do solo. Uma vez que houve pequenas diferenças entre os tratamentos em termos de período de floração e colheita, que poderiam ter sido resultado da temperatura do solo, estes parâmetros não foram considerados para a avaliação. As maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos com mulching plástico no solo. Rey e Costes (1965) encontraram que a temperatura ótima do solo para o desenvolvimento do sistema radicular do tomate é entre 20 e 30 °C, enquanto que em temperaturas de 38 °C ou mais, reduzem a absorção de água e o desenvolvimento das plantas. A amplitude da temperatura foi menor para os tratamentos com mulching plástico quando comparados com o solo descoberto (Tabela 6).

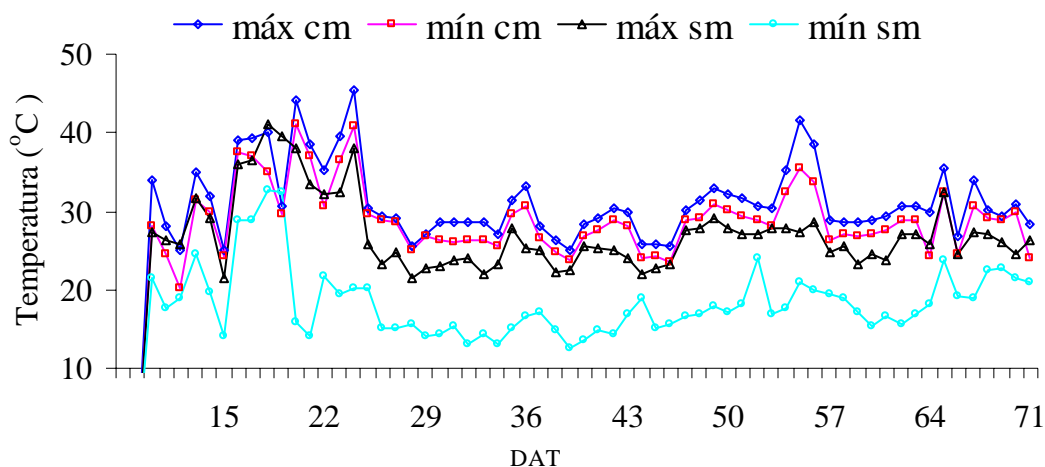


Figura 4- Temperatura diária do solo máxima (max) e mínima (min) para a profundidade de 5 cm, com mulching plástico no solo (cm) e sem mulching (sm), para irrigação nível I3 em ambiente protegido - Piracicaba, SP, 2007

Tabela 6- Valores médios diários de temperatura do solo, com e sem mulching plástico no solo, para irrigação nível I3, em ambiente protegido - Piracicaba, SP, 2007

Com mulching		Sem mulching	
Temperatura	Amplitude	Temperatura	Amplitude
°C			
Média do período experimental			
29,91	2,40	22,81	8,60
10 primeiros dias do período experimental			
31,10	5,81	24,46	5,84
26,30	3,41	21,98	8,43
22,63	4,74	22,35	6,90
33,19	3,62	28,19	7,16
30,95	2,10	24,40	9,20
24,61	0,78	17,82	7,25
38,26	1,48	32,44	7,21
38,07	2,31	32,77	7,67
37,50	0,99	36,88	8,21
30,00	2,02	36,40	8,13
10 últimos dias do período experimental			
27,07	5,53	21,96	7,62
34,04	3,10	28,02	8,74
25,76	2,23	21,78	5,27
32,25	3,32	23,14	8,27
29,57	0,98	24,85	4,51
29,08	0,66	24,43	3,33
30,37	1,15	23,04	3,21
26,20	4,22	23,73	5,32
24,96	8,67	24,23	5,45
23,43	3,07	19,25	4,05

4.2 Demanda hídrica do tomateiro

Na Tabela 7 são apresentados os volumes totais de água aplicados por irrigação, correspondentes à reposição da evapotranspiração da cultura em cada tratamento (I). Nota-se nesta tabela que o volume total de água consumido durante a execução deste experimento variou entre 36,20 e 90,60 L.planta⁻¹.ciclo⁻¹. O período que apresentou menor demanda hídrica ocorreu entre os meses de junho e julho, aproximadamente até 45 dias após o transplante (DAT), possivelmente

devido as baixas temperaturas, típicas de inverno, e estágio de desenvolvimento das plantas. A maior demanda hídrica ocorreu no mês de agosto, sendo necessária uma reposição de 1,041 L.planta⁻¹.dia⁻¹ para se atender a demanda evapotranspirométrica total da cultura. A maior demanda hídrica deste período (ao redor dos 76 DAT) poderia ter ocorrido pelo fato de ter coincido com a época de frutificação e enchimento de frutos.

A comparação de resultados obtidos em condições edafoclimáticas distintas torna-se bastante prejudicada, principalmente em estudos envolvendo demanda hídrica. No entanto, alguns trabalhos podem ser citados como referências de amplitudes de demanda hídrica registradas na cultura do tomateiro. Assim sendo, pode-se afirmar que os resultados obtidos neste trabalho diferiram dos resultados reportados por Snyder (1992), que registraram uma demanda hídrica do tomateiro de 1,80 L.dia⁻¹, mas foram semelhantes aos de Soria e Cuartelo (1998), que relataram uma evapotranspiração média do tomateiro de 1,03 L.dia⁻¹.

Tabela 7 - Volume de água aplicado na irrigação do tomateiro em função da percentagem de reposição da evapotranspiração, em Piracicaba – 2007

Período		Tratamento			
		I1	I2	I3	I4
		Volume de água (L.planta ⁻¹)			
Junho	T.M	0,379	0,568	0,758	0,947
	M.D	0,126	0,189	0,253	0,316
Julho	T.M	4,169	6,255	8,340	10,424
	M.D	0,134	0,202	0,269	0,336
Agosto	T.M	16,134	24,200	32,267	40,335
	M.D	0,520	0,781	1,041	1,301
Setembro	T.M	15,014	22,520	30,027	37,534
	M.D	0,500	0,751	1,001	1,251
Outubro	T.M	0,545	0,817	1,090	1,362
	M.D	0,272	0,409	0,545	0,681
Total (L.planta⁻¹.ciclo⁻¹)		36,240	54,360	72,480	90,600

T.M = Total Mensal

M.D = Média Diária

4.3 Armazenamento de água no solo antes da irrigação

O armazenamento médio de água no solo, representado pela umidade volumétrica, antes de cada irrigação encontra-se na Tabela 8. Observando esta tabela, nota-se que houve uma redução acentuada no armazenamento de água no solo, em todos os tratamentos, sendo que o menor foi registrado no tratamento I1, com reposição de 50% da evapotranspiração da cultura, enquanto que os maiores armazenamentos foram obtidos à medida que se aumento a lâmina de irrigação. Observa-se também, nesta mesma tabela que os solos protegidos com mulching apresentaram uma umidade predominantemente superior a daqueles sem cobertura, em todos os níveis de irrigação.

Tabela 8- Variação da umidade do solo cultivado com tomateiro ao longo dos dias após o transplante (DAT), em função da percentagem de reposição da evapotranspiração da cultura, em Piracicaba – 2007

Tratamentos	Umidade volumétrica (%)							Média
	Dias após o transplante (DAT)							
	15	25	35	43	56	61	71	
I1cm	15,25	15,80	14,57	12,48	9,21	7,46	2,85	11,09
I1sm	14,06	14,47	12,65	12,16	8,42	5,80	2,82	10,05
Variação (I1)	1,19	1,33	1,93	0,32	0,79	1,66	0,03	1,03
I2cm	23,54	19,20	19,22	13,21	10,98	14,73	3,77	14,95
I2sm	22,77	18,58	17,83	12,73	8,03	13,86	2,90	13,81
Variação (I2)	0,77	0,62	1,38	0,48	2,95	0,87	0,87	1,13
I3cm	25,36	24,06	23,07	15,40	15,31	18,51	6,45	18,31
I3sm	23,74	23,72	22,22	12,72	13,95	16,74	5,23	16,90
Variação (I3)	1,62	0,34	0,85	2,69	1,36	1,77	1,22	1,41
I4cm	45,24	39,23	34,00	17,61	18,89	24,76	15,27	27,86
I4sm	45,01	36,71	21,53	14,06	10,21	8,09	14,03	21,38
Variação (I4)	0,23	2,52	12,47	3,55	8,68	16,67	1,23	6,48

Os tratamentos I2 e I3 com a proteção do mulch tiveram uma média de umidade do solo de 7,6 a 7,7 % maior do que o solo descoberto respectivamente. Mulching reduziu a evaporação por ter interceptado a radiação solar que influenciam a evaporação da água. Além disso, dada suas características de impermeabilidade, o mulch mantém alta a umidade do solo entre os níveis de irrigação. Resultados semelhantes foram obtidos por Knavel e Mohr (1970), que obtiveram uma umidade do solo de 6 a 10 % maior em solos com mulching, comparativamente aos sem cobertura

plástica. Ekern (1967) comparou solo descoberto com mulch plástico e observou que a evaporação no cultivo do abacaxi foi 21% menor com o mulching. Portanto, a conservação da umidade do solo mediante o uso de mulch é importante em áreas de baixa precipitação pluvial.

4.4 Crescimento vegetativo do tomateiro

4.4.1 Altura de plantas

A análise de variância indicou que as lâminas de irrigação tiveram efeito significativo sobre a altura das plantas aos 20, 40, 60, 80 e 90 DAT (dias após o transplante), ao nível de 5% de probabilidade (Tabelas 9), sugerindo que a água foi um fator muito importante para o crescimento da cultura.

Como podem ser observadas na Tabela 9, as plantas responderam positivamente à irrigação em todos os estágios. O potássio, o mulching e as interações da irrigação e do potássio, da irrigação e do mulching, do potássio e do mulching assim como a interação entre irrigação, potássio e mulching não tiveram efeito significativo sobre a altura das plantas aos 20 DAT, mas tiveram efeito significativo sobre esse parâmetro aos 90 DAT.

Aos 40 DAT, todos os tratamentos, à exceção do potássio e sua interação com mulching, tiveram efeito significativo aos 5% de probabilidade. A interação do potássio e mulching não tiveram qualquer efeito significativo sobre a altura de plantas aos 20, 40 e 60 DAT. Essa tendência também foi observada por Macêdo (2005) que observou que as lâminas de irrigação tiveram efeito significativo até os 90 DAT, enquanto as doses de potássio e sua interação com a irrigação não tiveram efeito significativo.

Tabela 9 - Análise de variância para altura do tomateiro (cm), aos 20, 40, 60, 80 e 90 dias após o transplante, submetido à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Causas de variação	Dias após o transplântio (DAT)												
	20			40			60			80		90	
	GL	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F		
Irrigação (I)	3	2,27*	2,84	559,125*	18,76	559,13*	2,84	620,53*	59,18	7640,69*	395,21		
Potássio (K)	2	1,72ns	0,19	2,79ns	0,09	2,79ns	0,19	123,10*	11,74	5636,22*	291,53		
Mulching (M)	1	13,34ns	1,50	17,02ns	0,57	17,02ns	1,50	100,35*	9,57	512,00*	26,48		
Interações													
I x K	6	13,48ns	1,51	15,46ns	0,52	15,46ns	1,51	11,50ns	1,10	1698,30*	87,84		
I x M	3	11,94ns	1,34	116,24ns	3,90	116,24*	1,34	20,46ns	1,95	129,74*	6,71		
K x M	2	7,38ns	0,83	17,35ns	0,58	17,35ns	0,83	137,10*	13,07	1380,17*	71,39		
(I)×(K)×(M)	6	9,48ns	1,07	26,35ns	0,88	26,35ns	1,07	7,43*	7,34	263,68*	13,67		
Resíduo	48	8,90	-	29,8	-	29,80	-	10,49	-	19,33	-		
CV (%)	-	-	16,49	-	5,49	-	5,85	-	5,49	-	3,09		

* Significativo a 5% mediante o teste da mínima diferença significativa (LSD), ns = não significativo), GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV= coeficiente de variação

Ao se aplicar a dose de potássio K2, o crescimento em altura do tomateiro aumentou linearmente com o aumento das lâminas de irrigação, tanto para o solo protegido com mulching, quanto para o descoberto, aos 60 e 80 DAT, como mostra as Figuras 5 e 6, respectivamente.

Nota-se na Figura 5 que aos 60 DAT, a relação entre a altura (Alt) e a lâmina de irrigação, correspondente a reposição da evapotranspiração (I), no tratamento com mulching (cm) foi expressa pela equação com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9893, enquanto que no tratamento sem cobertura (sm) esta relação resultou na equação $Atl_{sm} = 80,52 + 11,32I$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,6887.

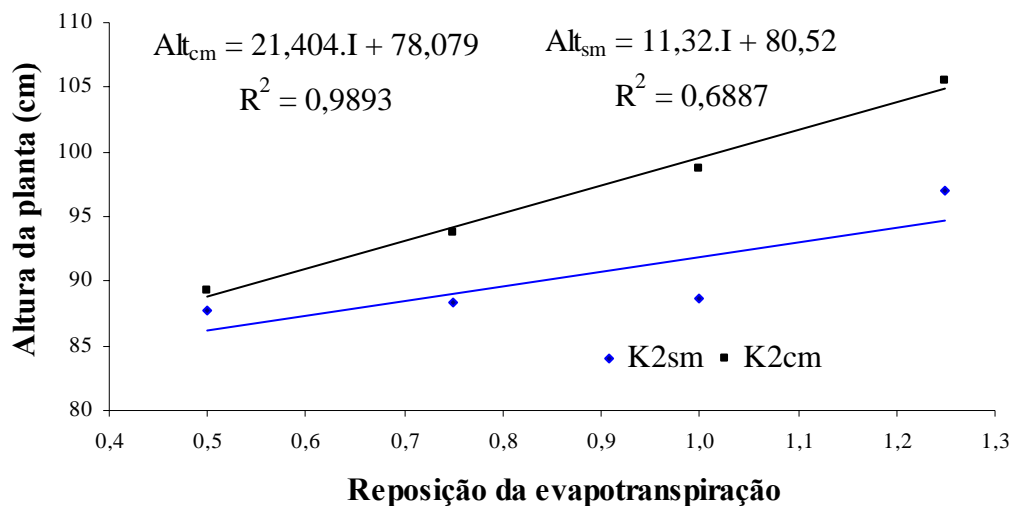


Figura 5 - Variação da altura do tomateiro aos 60 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração (I), em Piracicaba - SP

Aos 80 DAT (Figura 6), a mesma relação foi expressa pela equação $Alt_{cm} = 91 + 21I$, com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9657 no tratamento com mulching e pela equação $Alt_{sm} = 93,1 + 17,6I$, com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9584 no tratamento sem cobertura.

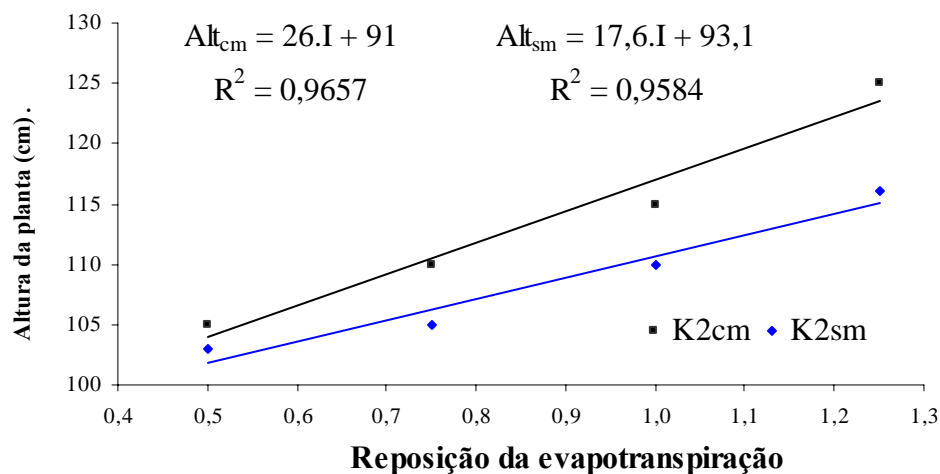


Figura 6 - Variação da altura do tomateiro aos 80 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração, em Piracicaba - SP

As equações apresentadas na Figura 5 indicam que aos 60 DAT, a variação na altura de planta foi de aproximadamente 5,35 e 2,83 cm para cada incremento de 25% na lâmina de irrigação, no tratamento com mulching e sem cobertura do solo, respectivamente, enquanto aquelas presentes na Figura 6 mostram que esta variação aos 80 DAT foi de 6,5 e 4,4 cm para cada incremento de 25% na lâmina de irrigação, nos tratamentos com solo protegido e descoberto, respectivamente.

Por sua vez, Macêdo (2002), estudando os efeitos de lâminas de irrigação no tomateiro cultivado sem cobertura do solo, concluiu que, aos 60 DAT, cada incremento de 20% na irrigação proporcionou um aumento de 6,92 cm na altura da planta. Já aos 90 DAT, a variação de altura foi de 5,24 cm para cada 20% de incremento na lâmina de irrigação.

O crescimento de plantas observado neste trabalho sugere que o suprimento adequado de água poderia ter favorecido a fotossíntese, que por sua vez, teria promovido um maior incremento em altura e acúmulo de massa seca, conforme relata Kirkham (2005). De acordo com a Figura 7, o tratamento I4K2cm promoveu o maior crescimento em altura, enquanto que a menor valor desta variável foi registrado no tratamento I1K1cm.

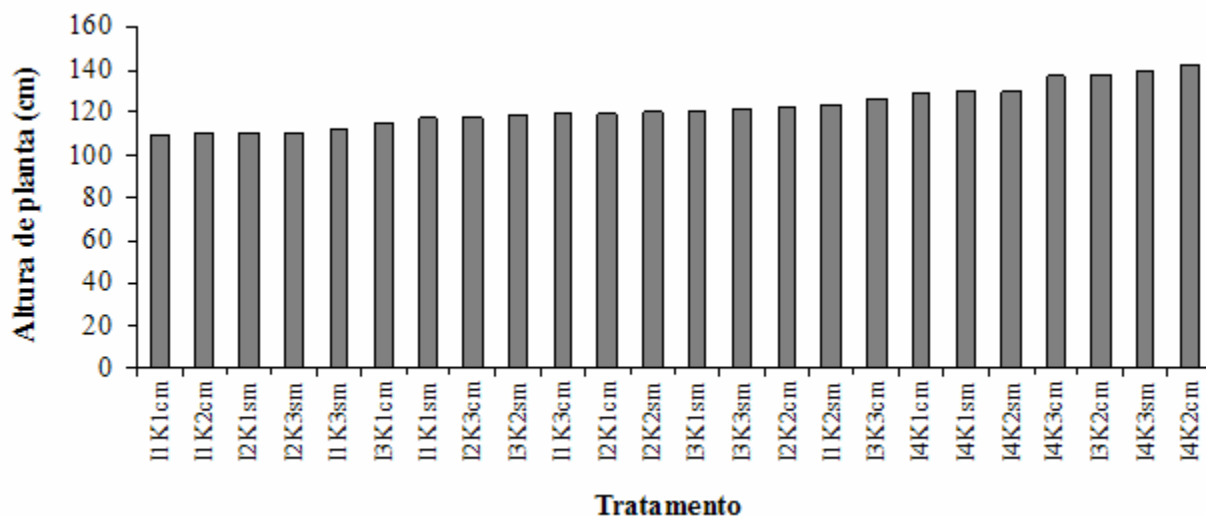


Figura 7 - Variação da altura do tomateiro aos 90 dias após o transplante (DAT), em função de níveis de irrigação (I), doses de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP

4.4.2 Taxa de crescimento relativo

No estágio vegetativo (entre o transplante e os 33 dias após o transplante), as plantas apresentaram uma taxa de crescimento relativo (TCR) semelhante, sendo que a maior foi de $0,1665 \text{ cm.cm}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ no tratamento I4K2sm, enquanto que a menor foi de $0,1362 \text{ cm.cm}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ no tratamento I1K1sm (Tabela 10).

Da mesma forma, observa-se na Tabela 10 que os tratamentos apresentaram TCR similares entre o estágio vegetativo e de florescimento (entre 33 e 62 DAT), entre o florescimento e frutificação (62 a 75 DAT) e entre a frutificação e maturação (75 a 86 DAT). Entre os 33 e 62 DAT, a maior TCR foi registrada no tratamento I3K3cm e a menor no I1K3sm. No início da frutificação, o tratamento que apresentou a maior TCR foi I4K2cm e o que apresentou a menor foi I1K2sm, enquanto que no período entre 75 e 86 DAT, a maior TCR foi obtida no tratamento I3K2sm e a menor no tratamento I1K3cm. Não obstante, as maiores TCR foram registradas entre 33 e 62 DAT e os menores entre 75 a 86 DAT, sendo que neste último período, as plantas, que recebiam a menor lâmina de água (I1), já apresentavam nítidos sintomas de estresse hídricos, como o murchamento de folhas. Assim sendo, os resultados indicaram que a irrigação com déficit, referente à reposição de 50% da evapotranspiração da cultura (tratamento I1) resultou na menor na TCR, quando comparada as demais lâminas de irrigação, não devendo ser recomendada porque retardou o crescimento do tomateiro.

Pode-se supor ainda que as lâminas de irrigação proporcionaram um maior crescimento vegetativo das plantas entre os 6 e 62 DAT, enquanto que entre 62 e 86 dias os benefícios da irrigação teriam sido empregados nos processos reprodutivos da planta.

Tabela 10 - Variação da taxa de crescimento relativo do tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, em quatro estádios fonológicos, Piracicaba, SP –2007

Tratamentos	Taxa de crescimento vegetativo (cm.cm ⁻¹ .dia ⁻¹)			
	Dias após o transplântio (DAT)			
	6 a 33	33 a 62	62 a 75	75 a 86
I1K1cm	0,1531	0,3780	0,0550	0,0173
I1K1sm	0,1362	0,3761	0,0202	0,0197
I1K2cm	0,1498	0,3932	0,0594	0,0200
I1K2sm	0,1425	0,3714	0,0577	0,0148
I1K3cm	0,1515	0,3784	0,0425	0,0105
I1K3sm	0,1405	0,3638	0,0459	0,0135
I2K1cm	0,1546	0,3871	0,0389	0,0157
I2K1sm	0,1498	0,3714	0,0389	0,0272
I2K2cm	0,1481	0,3912	0,0627	0,0246
I2K2sm	0,1531	0,3807	0,0627	0,0293
I2K3cm	0,1550	0,3714	0,0627	0,0186
I2K3sm	0,1463	0,3932	0,0491	0,0270
I3K1cm	0,1561	0,3892	0,0550	0,0132
I3K1sm	0,1445	0,3989	0,0602	0,0270
I3K2cm	0,1498	0,3714	0,0515	0,0262
I3K2sm	0,1481	0,4007	0,0356	0,0296
I3K3cm	0,1384	0,4159	0,0389	0,0157
I3K3sm	0,1546	0,3829	0,0262	0,0148
I4K1cm	0,1465	0,3871	0,0594	0,0199
I4K1sm	0,1561	0,3989	0,0543	0,0105
I4K2cm	0,1445	0,3951	0,0673	0,0186
I4K2sm	0,1665	0,3784	0,0412	0,0121
I4K3cm	0,1498	0,3912	0,0377	0,0163
I4K3sm	0,1650	0,3738	0,0554	0,0175

4.4.3 Variação do índice de área foliar

Os resultados obtidos nesse experimento mostram que a lâmina de irrigação, a dose de potássio, o mulching, a interação da irrigação e potássio, irrigação e mulching, potássio e mulching, irrigação, potássio e mulching não tiveram qualquer efeito significativo, ao nível de 5%, sobre o índice de área foliar (IAF) até os 21 DAT (Tabela 11).

Observa-se na Tabela 11 que os efeitos dos tratamentos de irrigação sobre o IAF tornaram-se evidentes entre 41 e 81 DAT. Todos os demais fatores não tiveram qualquer efeito entre 41 e 81 DAT, com exceção da interação da irrigação com mulching.

Tabela 11 - Análise de variância para o índice de área foliar do tomateiro, aos 21, 41, 61, e 81 dias após o transplante, submetido à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Causas de variação	Dias após o transplante (DAT)								
	21		41		61		81		
	GL	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Irrigação (I)	3	0,43 ns	1,99	1,24*	9,35	0,21*	3,27	0,45 *	26,75
Potássio (K)	2	0,13 ns	0,66	0,21 ns	1,60	0,04ns	0,61	0,02 ns	0,92
Mulching(M)	1	0,08 ns	0,39	0,02 ns	0,13	0,01ns	0,19	0,01 ns	0,72
Interação									
I x K	6	0,25 ns	1,18	0,06 ns	0,46	0,04ns	0,60	0,01 ns	0,24
I x M	3	0,11 ns	0,52	0,031 ns	0,24	0,01ns	0,12	0,07*	4,07
K x M	2	0,03 ns	0,14	0,23 ns	1,71	0,04ns	0,59	0,04 ns	2,30
(I)×(K)×(M)	6	0,15 ns	0,17	0,08 ns	0,58	0,05ns	0,72	0,01 ns	0,79
Resíduo	48	0,21	-	0,13	-	0,07	-	0,08	-
CV (%)	-	-	9,03	-	5,99	-	3,98	-	1,97

* Significativo a 5% mediante o teste da mínima diferença significativa (LSD), ns = não significativo), GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV= coeficiente de variação

Figura 8 mostra que houve um aumento aproximadamente linear do IAF com o incremento na lâmina de irrigação, correspondente ao índice de reposição da evapotranspiração da cultura, associado a dose de potássio K2, sendo esta relação expressa até os 21 DAT por equação $IAF_{cm} = 4,13 + 1,08I$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,8526 no tratamento com mulching e $IAF_{sm} = 4,45 + 0,8I$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9524 no tratamento sem cobertura.

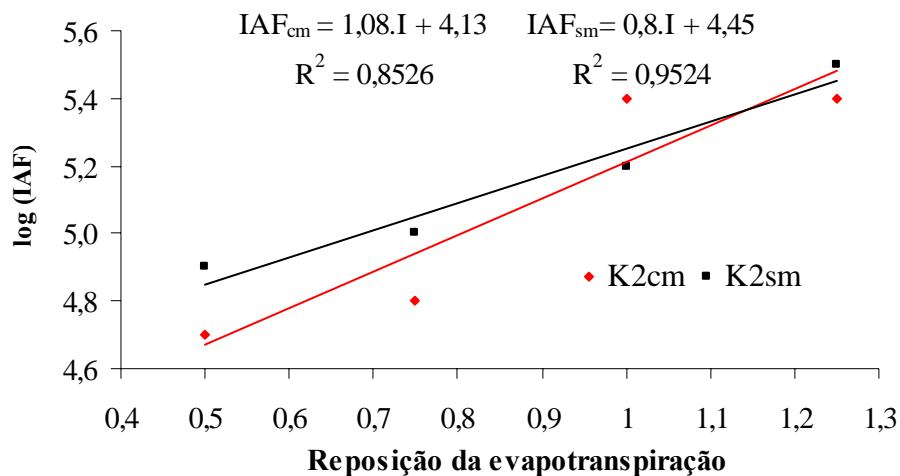


Figura 8 - Variação do índice de área foliar (IAF) aos 21 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração (I), em Piracicaba - SP

Aos 81 DAT esta relação passou a ser representada por $IAF_{cm} = 6,1 + 0,6I$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,7627 e $IAF_{sm} = 5,88 + 0,68I$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,8627 nos tratamentos com e sem cobertura, respectivamente (Fig 9).

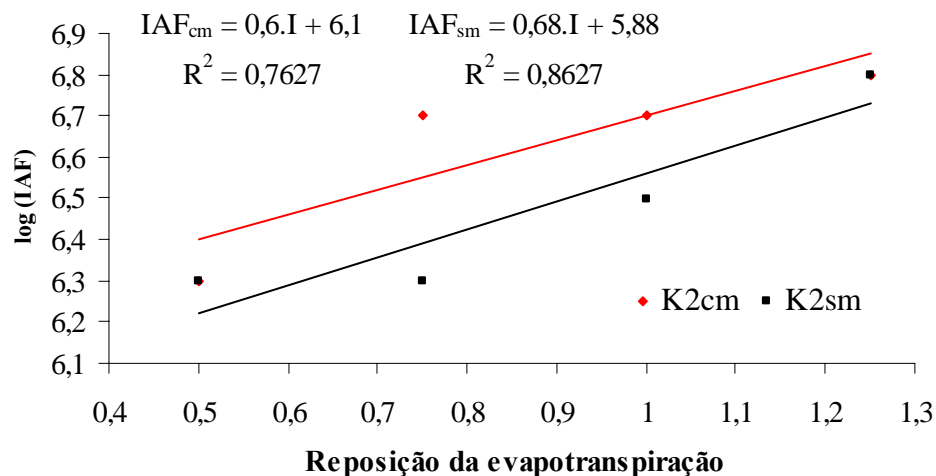


Figura 9 - Variação do índice de área foliar (IAF) aos 81 dias após o transplante (DAT) no tratamento K2, com (cm) e sem mulching (sm), em função da reposição da evapotranspiração (I), em Piracicaba - SP

Como podem ser observados na Figura 10, os maiores índices de área foliar foram registrados nos tratamentos que receberam as maiores lâminas de irrigação. Aos 21 DAT, o maior IAF foi obtido no tratamento I1K1sm e o menor no tratamento I3K3cm, possivelmente pelo fato das plantas estarem somente dez dias sobre os efeitos dos tratamentos. A partir dos 41 DAT até o final do experimento, as plantas apresentaram geralmente os menores IAF quando submetidas as menores lâminas de irrigação, associadas as maiores doses de potássio e sem a utilização de mulching. Já a partir dos 61 DAT, a maior lâmina de irrigação e as duas maiores doses de potássio, sem a presença de mulching proporcionaram o maior desenvolvimento do IAF.

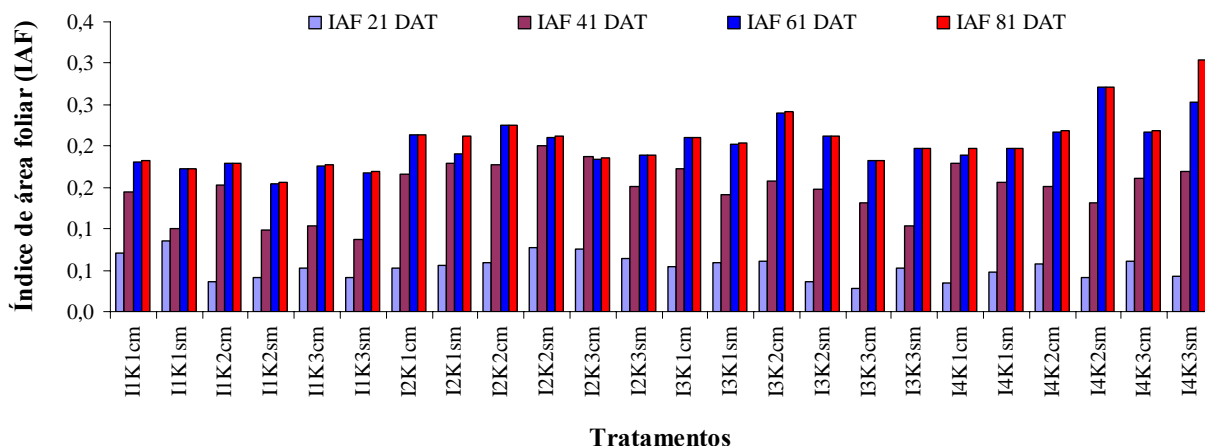


Figura 10 - Variação do índice de área foliar (IAF) de tratamentos submetido à diferentes lâminas de irrigação (I) e doses de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), até 81 dias após o transplante (DAT), em Piracicaba – SP

4.4.4 Variação da massa fresca e seca

De acordo com a Tabela 12, tanto a irrigação, como o potássio, o mulching, a interação irrigação e mulching, irrigação, potássio e mulching, tiveram efeito significativo sobre a massa fresca ao nível de 5% de probabilidade, enquanto a interação de irrigação e potássio e potássio e mulching não tiveram efeito significativo. Em relação à massa seca, todos os tratamentos e suas interações tiveram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12- Análise de variância para a massa fresca e seca do tomateiro aos 143 dias após o transplante, quando submetido à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Causas da variação	GL	Massa fresca		Massa seca	
		QM	F	QM	F
Irrigação (I)	3	1,26 *	151,56	0,34 *	80,43
Potássio (K)	2	0,06 *	6,80	0,25 *	59,43
Mulching (M)	1	0,07 *	8,68	0,04 *	9,19
Interação					
I x K	6	0,02 ns	1,83	0,22 *	51,93
I x M	3	0,12 *	14,33	0,02 *	4,00
K x M	2	0,02 ns	2,83	0,03 *	8,10
(I)×(K)×(M)	6	0,03 *	3,16	0,05 *	12,15
Resíduo	48	0,01	-	0,01	-
CV (%)	-	-	1,35	-	1,32

* Significativo a 5% mediante o teste da mínima diferença significativa (LSD), ns = não significativo), GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV=coeficiente de variação

Geralmente, as plantas que receberam as maiores lâminas de irrigação apresentaram maior massa seca e fresca de planta quando comparadas à menor lâmina, sendo que os efeitos das doses de potássio foram muito variáveis, como mostram as Figura 11 e 12.

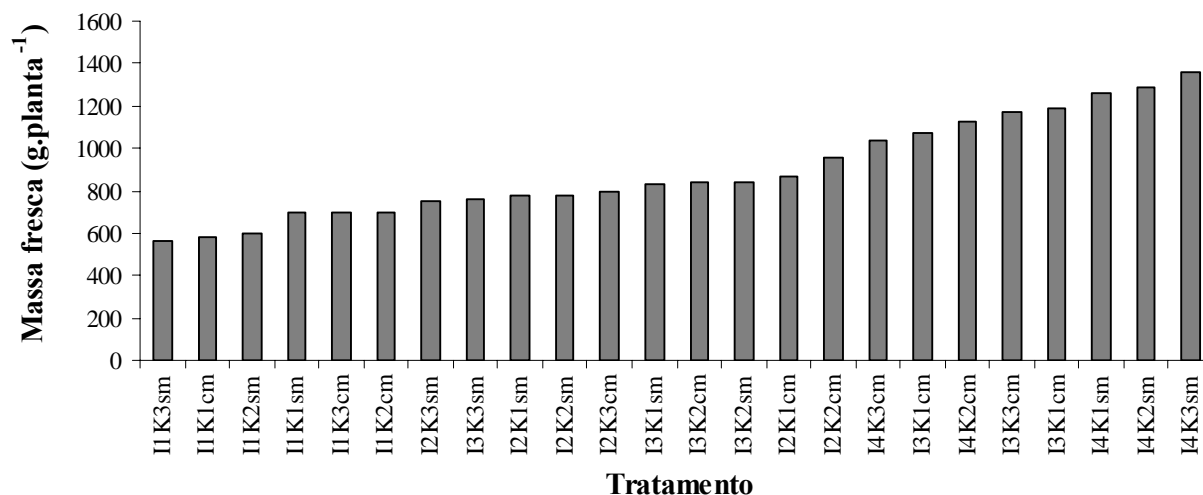


Figura 11 - Variação da massa fresca de plantas em função da interação entre o volume total de água aplicado (I) e dose de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba - SP

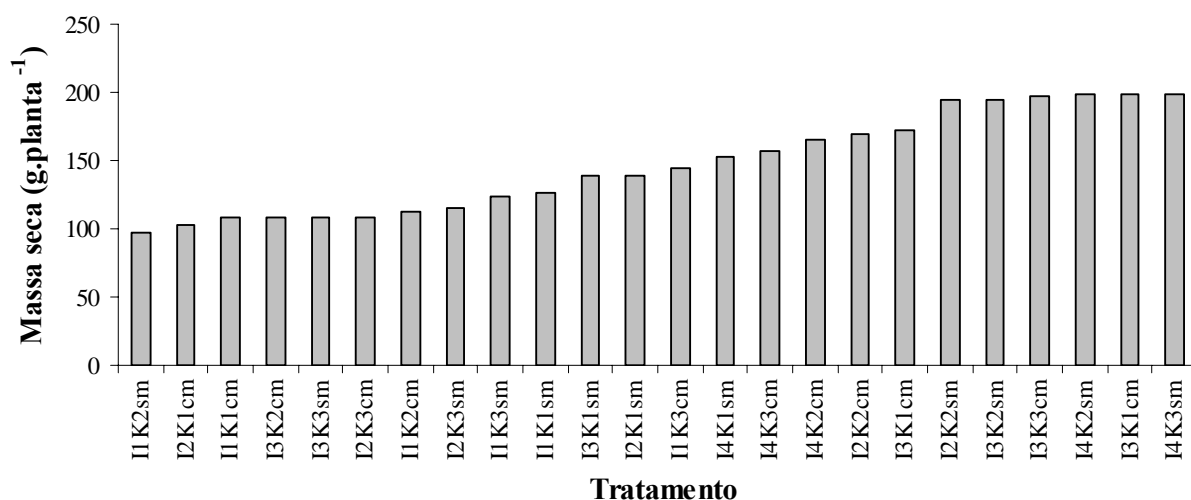


Figura 12 - Variação da massa seca de plantas em função da interação entre o volume total de água aplicado (I) e dose de potássio (K), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP

4.5. Produtividade da cultura

4.5.1 Produtividade comercial

Todos os tratamentos e suas interações, excetuando-se a ausência ou presença de mulching, tiveram um efeito significativo ao nível de 5% sobre a produtividade comercial (Tabela 13). Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Santos et al. (1998) e Nannetti (2001), ao estudarem o comportamento da cultura da pimenta sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, e Silva et al. (2002), que também estudaram os efeitos destes mesmos insumos sobre o tomateiro industrial.

Tabela 13 - Análise de variância para produção comercial de tomates, quando as plantas foram submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Causas De variação	Produção total (Mg.ha ⁻¹)		
	GL	QM	F
Irrigação(I)	3	8707*	621,95
Potássio (K)	2	3441*	245,79
Mulching (M)	1	41ns	0,31
Interação			
I x K	6	1103*	78,82
I x M	3	565*	40,39
K x M	2	144*	10,31
(I)×(K)×(M)	6	57*	4,06
Resíduo	48	14	-
CV (%)	-	-	12,20

* Significativo a 5% mediante o teste da mínima diferença significativa (LSD), ns = não significativo), GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV=coeficiente de variação

Como apresentado na Tabela 14, a maior produtividade comercial foi obtida no tratamento K2I2cm, com a aplicação de 416 kg.ha⁻¹ de potássio e 54,36 L.planta⁻¹.ciclo⁻¹ e no tratamento K2I3cm com aplicação de 416 kg.ha⁻¹ de potássio e 72,48 L.planta⁻¹.ciclo⁻¹, ambos com cobertura plástica no solo, resultando na média de 79,7 e 78,7 Mg.ha⁻¹, respectivamente, não havendo diferença significativa entre estas produtividades, ao nível de 5% de probabilidade. Além disso, o tratamento K2I2cm não apresentou nenhum sintoma visual de estresse hídrico. Importante salientar que os tratamentos com reposição de 50% da evapotranspiração da cultura (I1) não produziram frutos comercializáveis.

Todas as lâminas de irrigação não induziram também efeitos significativos na produção, quando associadas a menor dose de potássio (K1) e ausência de mulching (Tabela 14).

A menor produtividade dos tratamentos com reposição de 125% da evapotranspiração (I4), comparativamente aos tratamentos com lâmina de 75 (I2) e 100% (I3), poderia ter ocorrido devido a menor oxigenação do sistema radicular, provocada pela saturação do solo por longos períodos, conforme relata Pezeshki (1994).

Tabela 14 - Produção comercial média de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Doses de potássio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Irrigação ($\text{L}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$)		
	54	72	91
Produtividade comercial ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
Com cobertura plástica			
208	$56,2 \pm 1,2$ d	$36,23 \pm 0,54$ gh	$21,2 \pm 0,80$ j
416	$79,7 \pm 0,78$ b	$78,7 \pm 0,83$ b	$43,72 \pm 1,03$ f
624	$28,17 \pm 0,32$ l	$20,60 \pm 0,35$ j	$49,07 \pm 0,3e$
Sem cobertura plástica			
208	$36,23 \pm 4,75$ gh	$30,29 \pm 3,24$ hl	$34,8 \pm 3,16$ gh
416	$49,9 \pm 0,58$ e	$62,27 \pm 4,38$ c	$40,77 \pm 2,86$ gf
624	$28,00 \pm 2,22$ l	$29,00 \pm 5,33$ j	$46,23 \pm 0,17$ gh

Médias seguidas pela mesma letra não diferiram entre si pelo teste múltiplo de Duncan (DMRT)

Neste estudo, a maior produtividade comercial também foi obtida quando se aplicou $20,8 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ de potássio, praticamente o dobro da dose a qual Carrijo et al. (1996) relataram como a responsável pela maior produtividade comercial. Em estudos sobre os efeitos de diferentes doses de potássio no cultivo protegido de tomate do grupo salada. Não obstante, Cook e Sander (1991) também observaram aumento significativo na produtividade do tomateiro com o incremento nas doses de potássio.

Os efeitos da interação entre lâminas de irrigação e a dose de potássio K_2 ($416 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), com (cm) e sem mulching (sm), sobre a produtividade comercial de tomate foram expressos pelas relações $PC_{k2cm} = 299,78 + 11,435I - 0,0845I^2$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,973 e $PC_{K2sm} = 200,97 + 7,5129I - 0,0534I^2$ com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9992), respectivamente (Figura 13).

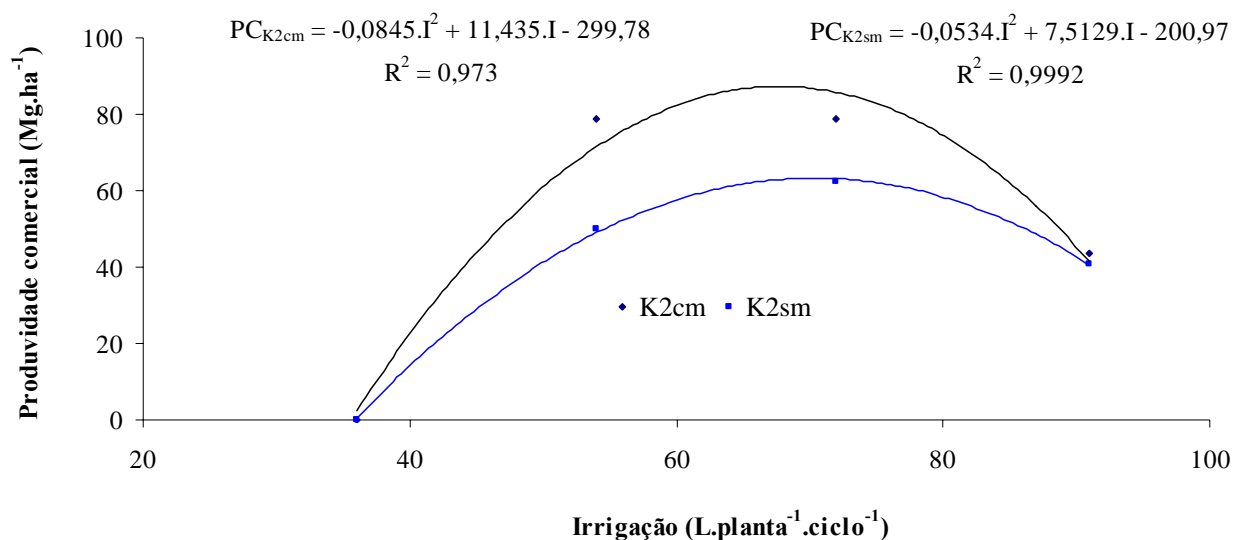


Figura 13 - Produtividade comercial de tomate em função da interação entre o volume total de água aplicado e a dose de potássio K2 (416 kg.ha^{-1}), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba – SP

4.5.2 Produtividade não comercial

A análise de variância mostrou que houve um efeito significativo das doses de potássio, mulching, interação entre lâminas de irrigação e doses de potássio, irrigação e mulching, mulching e potássio, assim como irrigação, potássio e mulching sobre a produtividade não comercial (Tabela 15).

Tabela 15- Análise de variância para produção não comercial de tomates, quando as plantas foram submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Causas da variação	Produção total (Mg.ha ⁻¹)		
	GL	QM	F
Irrigação (I)	3	580*	268,62
Potássio (K)	2	488*	226,49
Mulching (M)	1	43*	19,67
Interação			
I x K	6	174*	78,48
I x M	3	98*	43,93
K x M	2	68*	30,43
(I)×(K)×(M)	6	21*	9,40
Resíduo	48	2,2	-
CV (%)	-	-	11,58

* Significativo a 5% mediante o teste da mínima diferença significativa (LSD),
GL = Graus de liberdade, QM = Quadrado médio, CV= Coeficiente de variação

Nota-se na Tabela 16 que a menor lâmina de irrigação (I1) foi a que promoveu a maior produção de frutos não comerciais, com diâmetro inferior a 40 mm, possivelmente devido ao acentuado estresse hídrico que as plantas estavam submetidas. Desta forma, estes resultados sugeriram que um aumento na dose de potássio não produziria efeitos positivos se o teor de umidade não fosse suficiente.

Tabela 16 - Produção não comercial média de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Doses De potássio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Níveis de irrigação ($\text{L}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$)			
	36	54	72	91
Produtividade não comercial ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
Com cobertura plástica				
208	20,86 ± 2,09a	1,5 ± 0,06e	21,50 ± 0,81a	11,53 ± 0,49cbd
416	21,33 ± 1,64a	7,5 ± 0,1d	1,07 ± 0,09e	0,82 ± 0,04e
624	20,73 ± 1,04a	13,47 ± 0,38cb	15,93 ± 0,64a	10,52 ± 0,72d
Sem cobertura plástica				
208	21,27 ± 0,86a	2,26 ± 0,22e	11,87 ± 0,82cbd	11,87 ± 0,12cbd
416	20,78 ± 1,5a	10,43 ± 0,32d	0,36 ± 0,04e	10,83 ± 1,24cd
624	19,34 ± 0,78a	13,83 ± 1,04a	14,98 ± 0,51 a	10,87 ± 0,548a

Médias seguidas pela mesma letra não diferiram entre si pelo teste múltiplo de Duncan (DMRT)

4.5.3 Produtividade total

Considerou-se como produção total a soma das produções comercial e não-comercial, sendo que os resultados indicaram que a comercial foi maior que a não-comercial, em todos os tratamentos, exceto para aqueles com a lâmina de irrigação I1, como discutido nos itens 4.5.1 e 4.5.2. As lâminas de irrigação, as doses de potássio, o mulching e todas as suas interações tiveram efeito significativo sobre a produção total, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 17).

Tabela 17 - Análise de variância para produção total de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), quando as plantas foram submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Causas de variação	Produção total ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$)		
	GL	QM	F
Irrigação (I)	3	4990*	328,72
Potássio (K)	2	1399*	92,17
Mulching(M)	1	62*	4,08
Interação			
I x K	6	843*	55,51
I x M	3	845*	55,66
K x M	2	251*	16,51
(I)×(K)×(M)	6	63*	4,13
Resíduo	48	15	-
CV (%)	-	-	8,96

* Significativo a 5% mediante o teste da mínima diferença significativa (LSD), GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, CV= coeficiente de variação

A disparidade marcante entre as produtividades total, comercial e não-comercial (Tabela 14, 16 e 18) ocorreu principalmente devido ao grande número de tomates pequenos, não comercializáveis, produzido no tratamento com menor lâmina de irrigação (I1), quando comparado aos demais, o que poderia gerar grandes prejuízos para o produtor. Provavelmente, estes resultados também podem ter sido induzidos pelo subdesenvolvimento vegetativo das plantas submetidas ao estresse hídrico provocado pelo tratamento I1.

Além disso, houve consistente indicação de que a maior dose de potássio, associada às lâminas de irrigação I1, I2 e I3, tendeu a diminuir a produtividade do tomateiro. Para estas respectivas lâminas de irrigação foram registradas produtividades totais 3,0, 51,9 e 41,8% maiores com a aplicação da dose de potássio K2 ($416 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em relação à dose K3 ($624 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Tabela 18).

Tabela 18 - Produção total média de tomates ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em plantas submetidas à diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, com e sem mulching, Piracicaba, SP -2007

Doses De potássio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Níveis de irrigação ($\text{L}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$)			
	36	54	72	91
Produtividade total ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
Com cobertura plástica				
208	20,86 ± 2,09m	57,47 ± 0,85edf	56,47 ± 0,55edf	32,77 ± 1,45k
416	21,40 ± 1,64m	86,2 ± 1,01a	79,73 ± 1,4b	44,6 ± 0,40hg
624	20,73 ± 1,04m	41,47 ± 0,48hij	36,53 ± 0,31ki	59,9 ± 0,54d
Sem cobertura plástica				
208	21,33 ± 2,02m	38,67 ± 0,72kim	42,42 ± 3,00hi	46,6 ± 3,4hg
416	20,77 ± 1,47m	64,43 ± 0,61c	62,37 ± 1,9dc	50,89 ± 3,77egf
624	19,37 ± 3,33m	41,79 ± 1,57hi	43,87 ± 4,98gf	59,9 ± 4,73d

Médias seguidas pela mesma letra não diferiram entre si pelo teste múltiplo de Duncan (DMRT)

O ganho em produtividade proporcionado pela aplicação da dose de potássio K2 também poderia ter sido devido ao aumento na disponibilidade deste nutriente no solo do experimento, a qual possuía uma concentração considerada baixa para o tomateiro ($2,25 \text{ mmolc}\cdot\text{dm}^{-3}$). Entretanto, a aplicação da maior lâmina de irrigação (I4) e da maior dose de potássio K3 ($624 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) também resultou em um aumento de produtividade total e comercial de 10,6%, em comparação com a dose K2 (Tabela 18), supostamente devido a maior taxa de lixiviação deste nutriente no solo.

Na Tabela 18 observa-se que a maior produtividade do tomateiro foi obtida nos tratamentos com mulching, provavelmente porque nestes tratamentos houve um maior armazenamento de água, decorrente da minimização de perdas por evaporação na superfície do solo. Resultados semelhantes foram reportados por Salman et al. (1990) ao se estudar o emprego de mulching na cultura do pepino cultivado em casa-de-vegetação.

Nota-se também na Tabela 18 que a maior produtividade total foi registrada no tratamento K2I2cm, com a aplicação de $416 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de potássio e $54 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ e no tratamento K2I3cm com aplicação de $416 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de potássio e $72 \text{ L}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$, ambos com mulching, resultando na média de 86,2 e 79,7 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente, sendo estas diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade. Contudo, nos tratamentos, I2 e I3, sem mulching, não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, resultando em 64,43 e 62,37 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$,

respectivamente, evidenciando a importância de se utilizar mulching, principalmente em cultivos irrigados com déficit.

Segundo Fontes et al. (2000), a produtividade comercial e total do tomateiro teria aumentado com o incremento nas doses de potássio, alcançando um máximo de 73,4 e 86,4 Mg.ha⁻¹, com a aplicação de 194 e 198 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente. A produtividade total obtida no presente experimento (Tabela 18) foi maior que à média nacional de 56,69 Mg.ha⁻¹ (IBGE, 2006), entretanto, menor, quando comparado à produtividade total de 97,9 Mg.ha⁻¹ registrada por Macêdo (2005).

A relação entre a dose de potássio K₂ e as lâminas de irrigação estudadas neste experimento foi representada por equação $PT_{K_{2cm}} = -238,92 + 724,76I - 399,72I^2$ com um coeficiente de correlação (R²) de 0,9674 e $PT_{K_{2sm}} = -124,57 + 395,45I - 204,84I^2$ com um coeficiente de correlação (R²) de 0,9736, com e sem mulching, respectivamente (Figura 14).

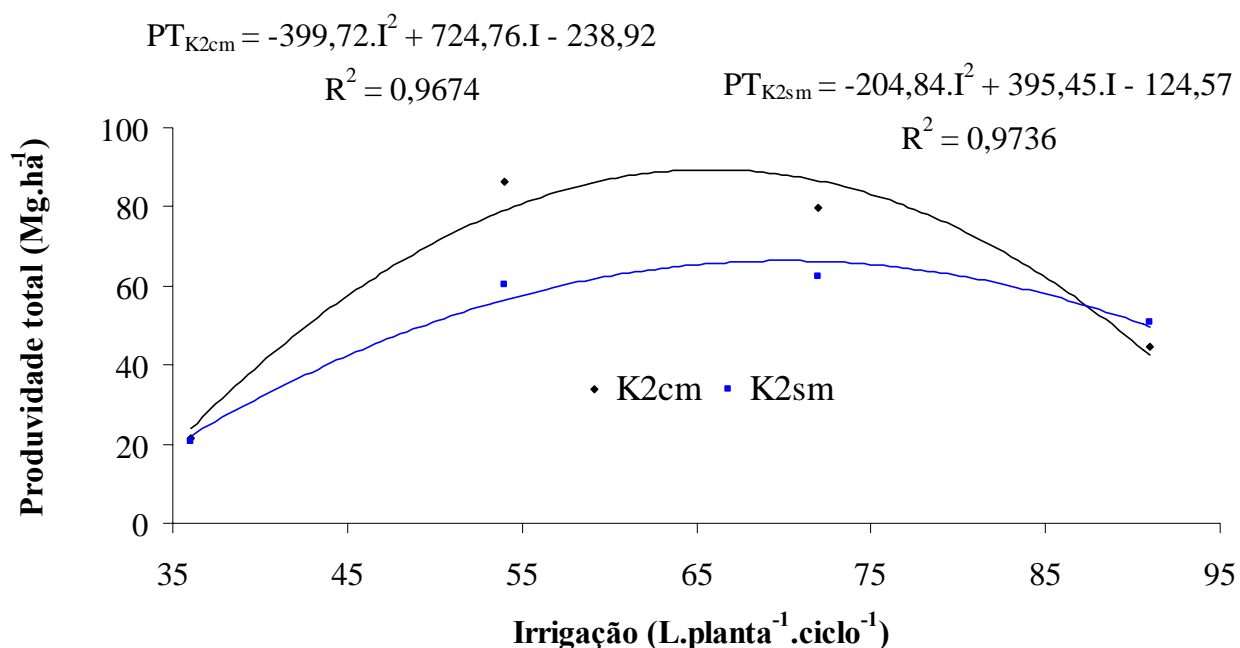


Figura 14 - Produtividade total de tomate em função da interação entre o volume total de água aplicado e a dose de potássio K₂ (416 kg.ha⁻¹), com (cm) e sem mulching (sm), em Piracicaba - SP

4.6 Qualidade do fruto

4.6.1 Variação do pH

Não houve diferença entre os valores de pH para os tratamentos testados (Tabela 19). Sampaio (1996) e Machado (2003) estudando níveis de fertilização potássica sobre o pH do tomate observaram também efeito não significativo. Os valores de pH encontrados neste estudo foram semelhantes aos valores obtidos por Yagmur et al. (2004) que testaram níveis de potássio (K_2O) de 120, 240 e 360 kg ha⁻¹.

Os valores de pH obtidos neste estudo foram abaixo de 4,5, valor limite estabelecido para separar frutos ácidos de não ácidos (GOULD, 1974).

Tabela 19 - Variação dos valores de pH e teor de sólidos solúveis totais (SST) nos tratamentos resultantes da combinação de níveis de água, doses de potássio, com e sem mulching no solo

Tratamentos	pH	SST (°Brix)	Tratamentos	pH	SST (°Brix)
I1K1cm	4,01	8,2	I3K1cm	4,49	9,1
I1K2cm	4,09	8,3	I3K2cm	4,44	9,3
I1K3cm	4,09	8,5	I3K3cm	4,44	9,4
I1K1sm	4,05	8,3	I3K1sm	4,37	9,1
I1K2sm	4,10	8,4	I3K2sm	4,43	9,2
I1K3sm	4,41	8,9	I3K3sm	4,44	9,2
I2K1cm	4,39	8,9	I4K1cm	4,03	7,7
I2K2cm	4,42	9,3	I4K2cm	4,07	7,1
I2K3cm	4,45	9,4	I4K3cm	4,08	7,5
I2K1sm	4,37	8,2	I4K1sm	4,03	7,0
I2K2sm	4,36	8,6	I4K2sm	4,06	7,2
I2K3sm	4,38	8,7	I4K3sm	4,07	7,4

Os maiores valores de pH foram observados nos tratamentos com mulching, comparativamente aos tratamentos sem mulching, para os níveis I2 e I3 de irrigação (Figura 15 e 16).

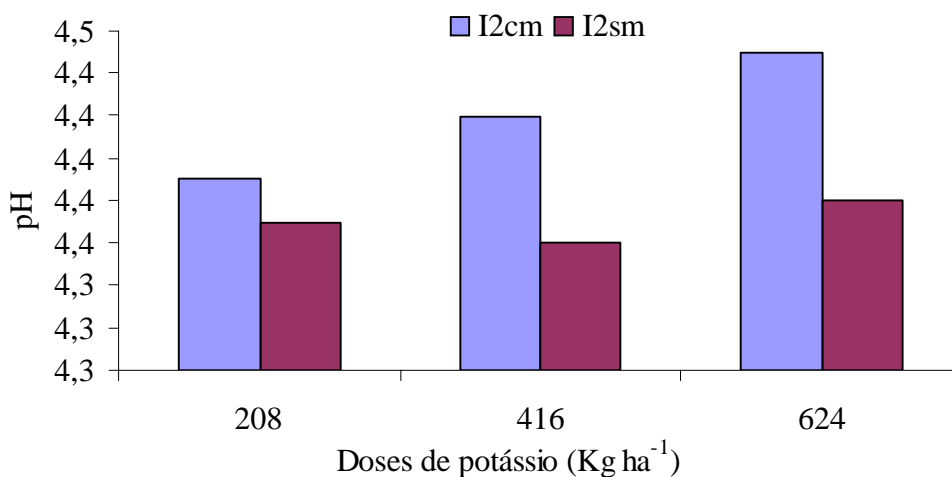


Figura 15- Valores de pH dos frutos de tomate com mulching (cm) e sem mulching (sm) para nível de irrigação I2 - Piracicaba, SP, 2007

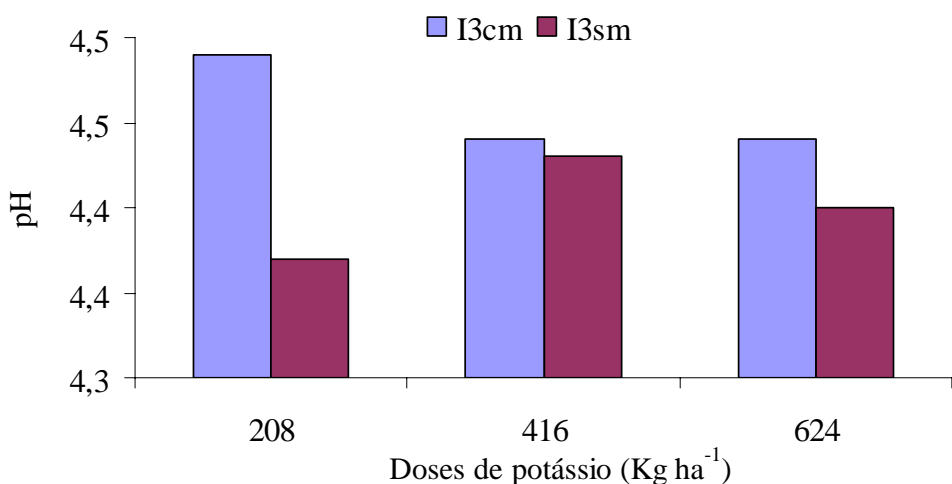


Figura 16- Valores de pH dos frutos de tomate com mulching (cm) e sem mulching (sm) para nível de irrigação I3 - Piracicaba, SP, 2007

O nível de irrigação I3, associado com a não utilização do mulching, apresentou o maior valor de pH, enquanto que o menor valor de pH foi encontrado no nível de irrigação I4, sem mulching (Figura 17, 18). Os baixos valores de pH encontrados no tratamento I4 podem estar associados com o efeito da lixiviação.

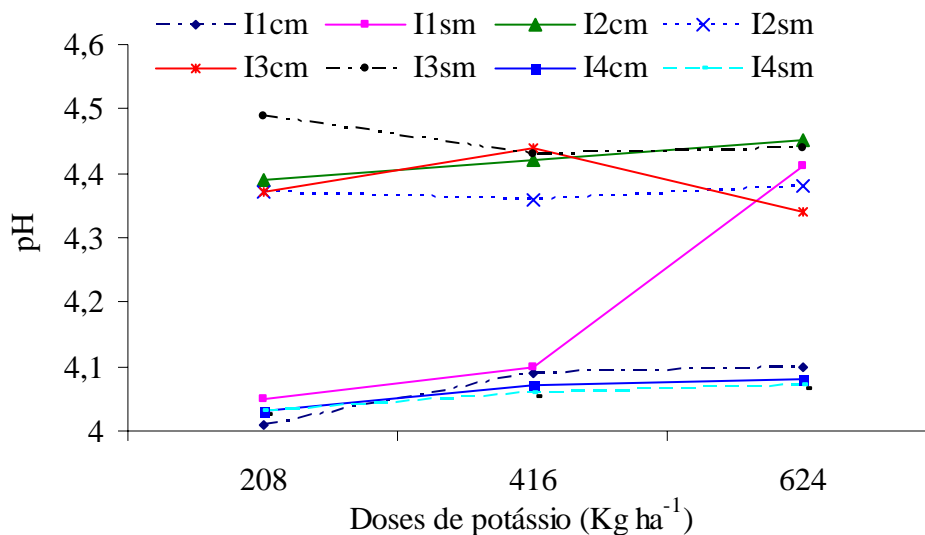


Figura 17 - Variação do pH de frutos de tomate com as condições de cobertura de solo, sem (sm) ou com mulching (cm), níveis de irrigação (I), e doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007

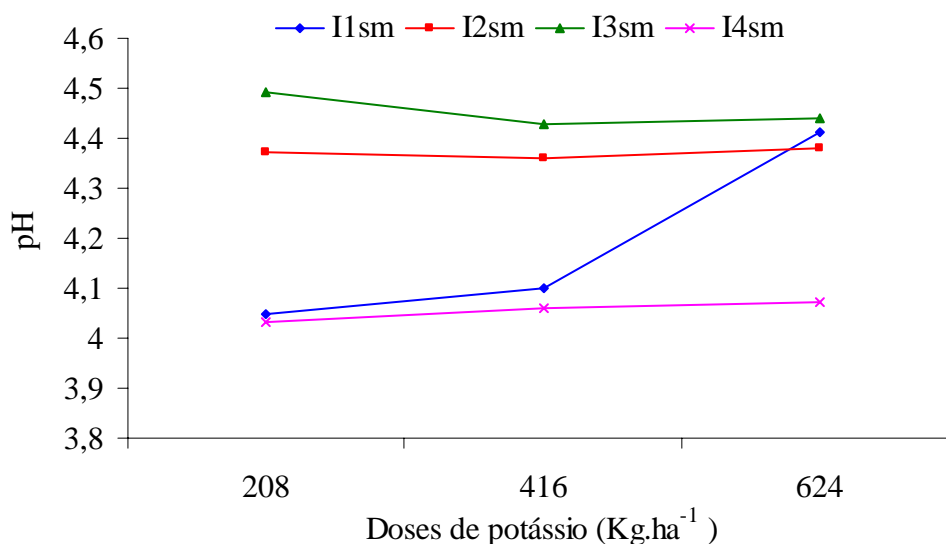


Figura 18 - Variação do pH de frutos de tomate com a condição de solo sem mulching (sm) e níveis de irrigação (I), com a variação das doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007

Em condições de solo coberto com o plástico, os níveis de irrigação I2 e I3 apresentaram os maiores valores de pH, os quais foram quase similares, enquanto que para os níveis I1 e I4 foram encontrados os menores valores de pH (Figura 19).

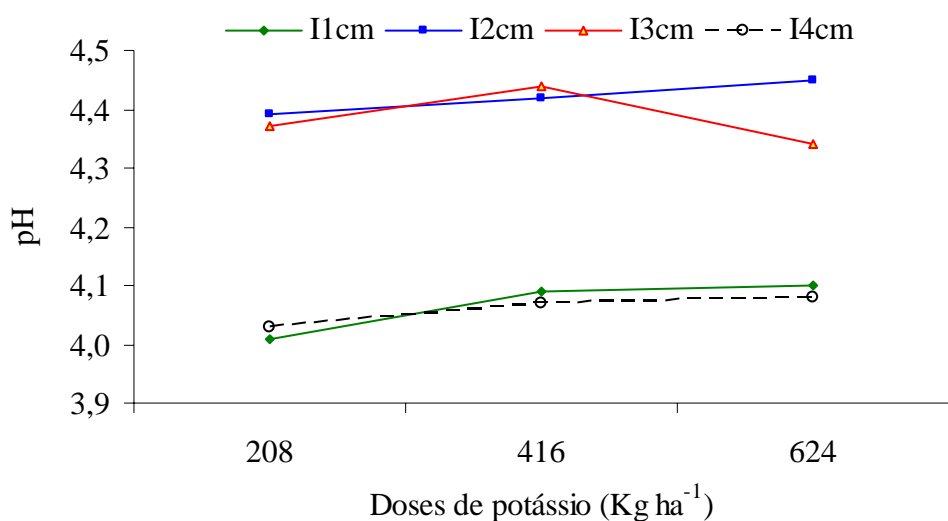


Figura 19- Variação do pH de frutos de tomate com as condições de cobertura de solo, mulching(cm), níveis de irrigação (I), e doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007

4.6.2 Variação dos sólidos solúveis

Como a qualidade do tomate está geralmente associada ao teor de sólidos solúveis totais (SST), o sabor mais agradável será encontrado em frutos com alto valor de SST (GRIERSON; KADER, 1986). Os SST aumentaram com o incremento das doses de potássio, no intervalo entre 204 e 624 kg ha⁻¹ (Tabela 19). O maior valor de SST (9,4 °Brix) foi observado no tratamento I2K3cm, correspondente à aplicação de 54 litros de água, 624 kg ha⁻¹ de K₂O e com mulching, e no tratamento I3K3cm, correspondente à aplicação de 72 litros de água, 624 kg ha⁻¹ de K₂O e com mulching. Cook e Sander (1991) também observaram aumento significativo de qualidade do tomate com o aumento das doses de potássio. Carrijo et al. (1996), estudando os efeitos de diferentes doses de potássio no cultivo protegido de tomate do grupo salada, relatou que a melhor qualidade de frutos foi obtida com a aplicação de 17,6 g.planta⁻¹. Não obstante, neste experimento, a melhor qualidade foi obtida com a aplicação de 31,2 g de potássio por planta.

Os tratamentos I2K2cm e I3K3cm, onde foram observadas as mais altas produtividades, apresentaram valores de SST de 9,3 °Brix. As diferenças entre estes tratamentos foram, estatisticamente não significativas. Esta mesma observação foi constatada por Sampaio e Fontes (1998), que concluiu que os níveis de irrigação e doses de potássio não tiveram efeito significativo sobre o SST. Da mesma forma, neste experimento não houve uma indicação clara de que os níveis

de irrigação e cobertura plástica do solo proporcionou algum efeito no SST. O volume de irrigação I3, com e sem mulching, apresentou predominantemente os maiores valores de SST, enquanto que no nível I4 apresentou os mais baixos valores de SST, tanto para condições de solo nu como coberto com plástico (Figura 20).

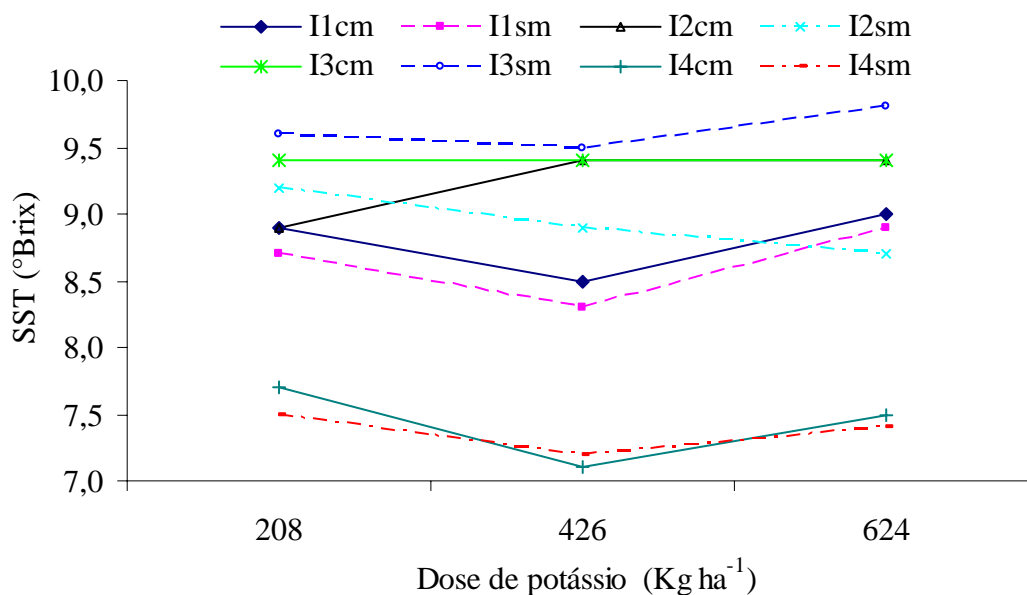


Figura 20 - Variação do teor de sólidos solúveis totais (SST) de frutos de tomate para as condições de cobertura de solo (sem ou com mulching) e dos níveis de irrigação, com a variação das doses de potássio - Piracicaba, SP, 2007

4.7 Concentração de potássio nas folhas e substrato

As concentrações de potássio (K^+) nas folhas tenderam a aumentar com o incremento nas doses de potássio, sendo que estas se encontravam próximas as recomendada por Reuter e Robison (1986). As concentrações de potássio do solo extraído dos vasos das plantas não apresentaram tendências consistentes em relação aos tratamentos de potássio (Tabela 20).

Tabela 20 - Concentração de potássio (K^+) nas folhas e no substrato - Piracicaba, SP, 2007

Tratamento	Concentração	Concentração
	foliar (K^+) ($g\ kg^{-1}$)	no substrato K^+ (ppm)
I1K1cm	53,55	3066
I1K1sm	63,75	1813
I1K2cm	62,48	6705
I1K2sm	64,26	2713
I1K3cm	58,65	3204
I1K3sm	58,65	6906
I2K1cm	53,55	5696
I2K1sm	55,59	6128
I2K2cm	57,63	986
I2K2sm	56,1	7043
I2K3cm	58,79	3977
I2K3sm	51,77	4437
I3K1cm	56,35	1997
I3K1sm	55,59	1839
I3K2cm	57,04	1629
I3K2sm	55,85	2578
I3K3cm	57,38	2486
I3K3sm	51,77	1504
I4K1cm	44,37	1735
I4K1sm	49,73	4742
I4K2cm	51,77	4254
I4K2sm	57,63	1596
I4K3cm	52,02	5452
I4K3sm	58,4	2355

4.8 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUA), que representa a produtividade do tomateiro por unidade de volume de água aplicada, nos tratamentos com as doses K1, K2 e K3, encontra-se nas Figuras 21, 23 e 24, respectivamente.

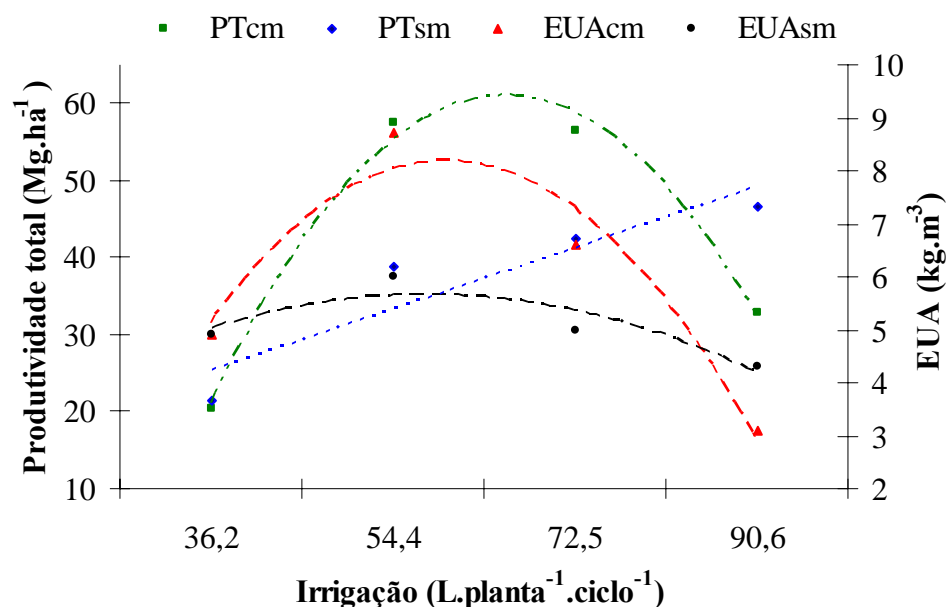


Figura 21 - Variação da eficiência do uso da água (EUA) e produtividade total (PT) com o volume de água aplicado pela irrigação, no tratamento com a dose de potássio K1, em condições de solo com e sem mulching- Piracicaba, SP, 2007

De acordo com a Figura 21, os tratamentos com a dose de potássio K1 e nível de irrigação I2 (75% de reposição da evapotranspiração) apresentaram uma resposta quadrática, resultando, respectivamente para as condições sem e com mulching, em uma EUA máxima de 4,4 e 8,7 kg.m⁻³ e uma produtividade média de 46,6 e 57,5 Mg.ha⁻¹.

No entanto, a Figura 22 mostra que a maior eficiência do uso da água, entre todos os tratamentos, foi de 13,4 kg.m⁻³, sendo obtida ao se aplicar a dose de potássio K2, associada com a lâmina de irrigação I2, com mulching, o que resultou em uma produtividade média de 86,2Mg.ha⁻¹, enquanto que a menor EUA foi de 2,3 kg.m⁻³ no tratamento I4K2cm, que produziu 24,6 Mg.ha⁻¹.

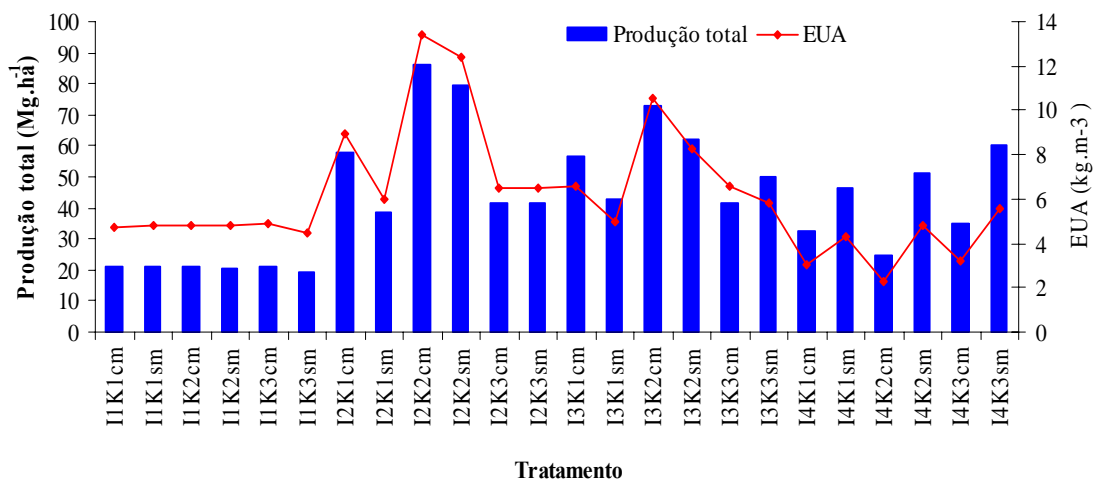


Figura 22 - Variação da eficiência do uso da água (EUA) e da produtividade do tomateiro com diferentes níveis de irrigação (I), associados com doses de potássio (K), em condições de solo com (cm) e sem mulching (sm) - Piracicaba, SP, 2007

A mesma combinação de tratamentos K2 e I2, porém sem mulching (Figura 22 e 23), resultaram em uma EUA de $12,4 \text{ kg.m}^{-3}$, e uma produtividade de $64,43 \text{ Mg.ha}^{-1}$. Trabalhos com tratamentos semelhantes, conduzidos por Sezen (2006) e Sarwar e Perry (2002), também indicaram que maior EUA foi obtida com a aplicação de irrigação com déficit. Todavia, deve-se lembrar que irrigações com déficit muito acentuado pode provocar uma redução na EUA, como relatado por Bernardo (1995).

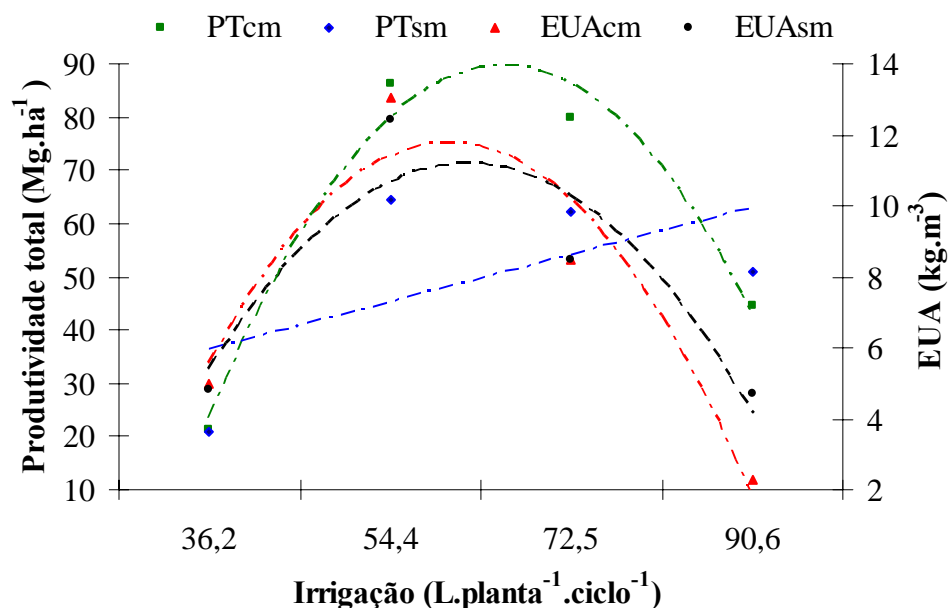


Figura 23 - Variação da eficiência do uso da água (EUA) e produtividade total (PT) com o volume de água aplicado pela irrigação, no tratamento com a dose de potássio K2, em condições de solo com e sem mulching- Piracicaba, SP, 2007

A maior EUA obtida neste experimento foi maior que o valor médio de $10,5 \text{ kg.m}^{-3}$ reportado por Soares e Faria (1983) e encontra-se dentro do limite considerado ideal pela FAO (2001), que varia entre 10 a 12 kg.m^{-3} .

A produtividade média no tratamento com a dose de potássio K3 tendeu a aumentar linearmente com o incremento na lâmina de irrigação, atingindo valores entre $20,7$ e $49,9 \text{ Mg.ha}^{-1}$, no tratamento com mulching e entre $19,4$ e $59,6$ no tratamento sem mulching (Figura 24).

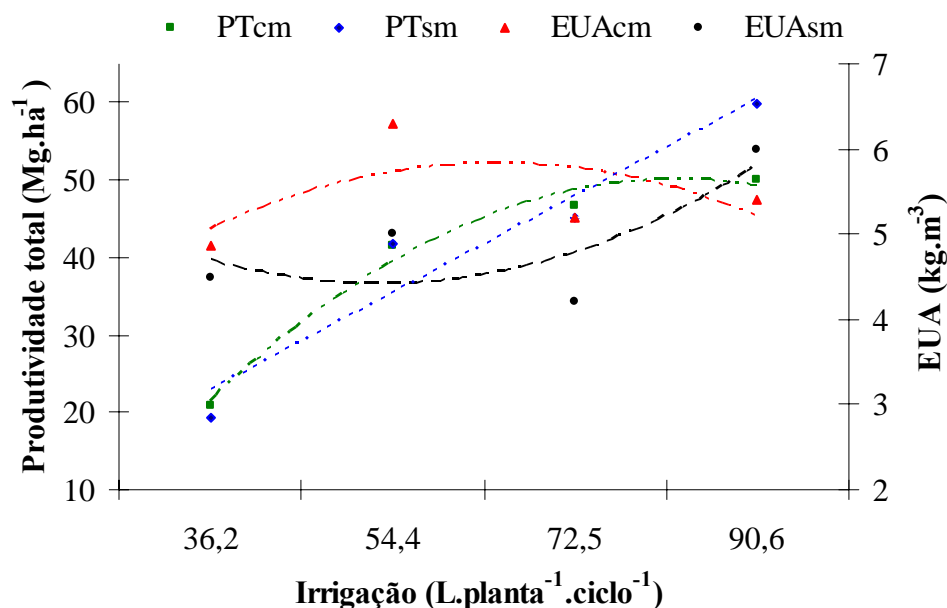


Figura 24 - Variação da eficiência do uso da água (EUA) e produtividade total (PT) com o volume de água aplicado pela irrigação, no tratamento com a dose de potássio K3, em condições de solo com e sem mulching- Piracicaba, SP, 2007

A maior EUA, com a aplicação da dose de potássio K3, no solo com mulching, foi obtida quando associada com o nível I2 de irrigação, atingindo a valor de $6,3 \text{ kg.m}^{-3}$, enquanto que a menor foi registrada no tratamento I3, resultando em $5,2 \text{ kg.m}^{-3}$. No tratamento sem mulching e com aplicação da dose de potássio K3, a maior e a menor EUA foi de $6,0$ e $4,2 \text{ kg.m}^{-3}$ os tratamentos I4 e I3, respectivamente (Figura 23 e 22).

Estes resultados sugeriram que a irrigação com déficit, equivalente a reposição de 75% da demanda evapotranspirométrica total, ao longo do ciclo do tomateiro Débora Plus, nas condições de solo com e sem mulching, poderia ser economicamente mais viável do que com a reposição de 100%, além de otimizar o uso dos recursos hídricos. O esperado aumento na demanda hídrica nos setores urbano, doméstico e industrial, associados com períodos secos mais longos e intensos causados pelas mudanças climáticas aumentará o potencial para o incremento no uso da irrigação por déficit na produção de tomate e muito provavelmente de outras culturas.

Para produção comercial de tomate, as funções de resposta desenvolvidas neste trabalho podem ser de grande uso se fossem complementadas com registros históricos regionais de evaporação e da temperatura do solo. Isto poderá permitir uma estimativa anual provável de produção agrícola, o que permite os produtores avaliar o mérito dos investimentos em irrigação,

assim como uma avaliação racional da produção provável e os benefícios financeiros da irrigação e fertirrigação do tomate cultivado em regiões subtropicais.

4.9 Variação da condutividade elétrica (CE)

No tratamento com dose de potássio de $624 \text{ K}_2\text{O ha}^{-1}$ e nível I1 de irrigação foram observados os maiores valores de condutividade elétrica (CE) entre 5 e $5,9 \text{ dS m}^{-1}$, na profundidade de 0,15 m. No nível de irrigação I4, foram apresentados os menores valores de CE entre 1,8 e $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 25), para a mesma profundidade.

O maior valor de CE para o nível I1 de irrigação poderia ser atribuído para a quantidade de água aplicada, a qual não foi suficiente para a lixiviação dos íons. Também foi observado que a CE foi maior nos tratamentos com mulching plástico. Provavelmente isto foi evidenciado por uma maior mineralização da matéria orgânica e menores perdas de nitrogênio por volatilização. De acordo com Maas e Hoffman (1977), a salinidade máxima do solo tolerável, expressa em termos de CE, pelo tomate é de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, com redução de 9,9% na produção para cada unidade de CE incrementada.

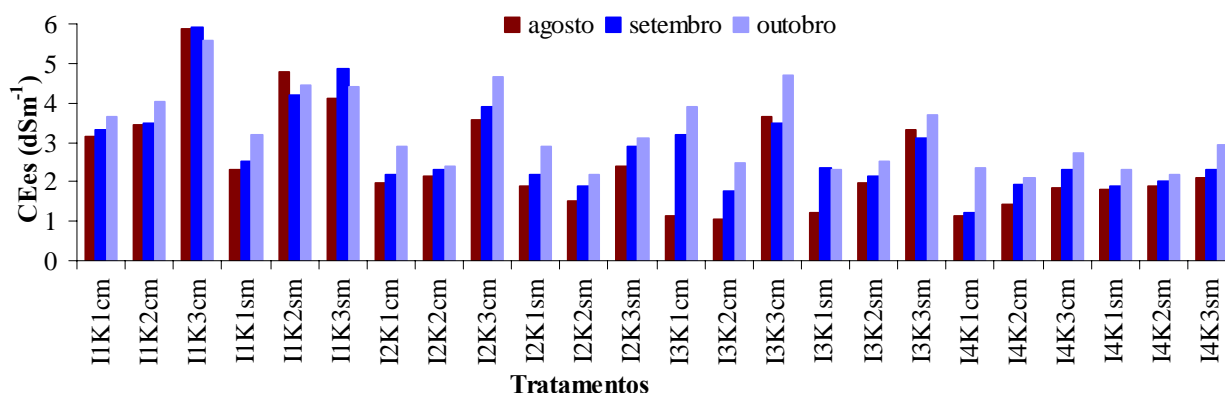


Figura 25- Evolução da condutividade elétrica (EC) ao longo do período de desenvolvimento do tomate - Piracicaba, SP, 2007

5 CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos neste estudo, foi demonstrado que maiores lâminas de irrigação não são essenciais para o ótimo desempenho das plantas em termos agrícolas e que lâminas de irrigação moderadas podem ser usadas com sucesso para produção de tomate, bem como mantêm a qualidade do fruto e a melhoria na EUA quando comparando com culturas plenamente irrigadas.

A irrigação por gotejamento ao nível de 75% da demanda hídrica da cultura foi a quantidade adequada para produzir tomate em ambiente protegido em regiões subtropicais. As maiores produtividades total e comercial foram de 86,20 e 79,73 Mg.ha⁻¹, obtidas da combinação de 54,36 L.planta⁻¹.ciclo⁻¹ e dose de potássio de 416 kg.ha⁻¹, sob condições de solo coberto com mulching, resultando numa EUA de 13,40 kg m⁻³. O volume diário de irrigação foi 0,57 L.planta⁻¹ dia⁻¹. Isso garante uma economia de 25% da água de irrigação quando comparada com uma irrigação normal.

A irrigação teve influencia significativa nos parâmetros do desenvolvimento de tomate e na produção. Doses de Potássio, mulching, interação de irrigação e potássio, irrigação e mulching, irrigação, potássio e mulching influenciaram altura da planta aos 90 dias depois do transplante, massa da planta e produção.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.; VERKERK, K. Growth, flowering and fruit set of the tomato at high temperature. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 16, p. 71-76, 1968.
- ALVARENGA, M.A.R. **Tomate, produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**, Lavras: UFLA, 2004. 47p.
- ARAÚJO, A.; AUGUSTO, L. Tomato production in Brazil, Poor working conditions and high residues threaten safety, **Pesticides News**, London, n.46, p.12, 1999.
- ARAÚJO, A.P. **Cobertura do solo e métodos de plantio no cultivo de melão amarelo**. 2000. 49p. (Dissertação de Mestrado)- Universidade de agricultura do Mossoró, 2000.
- BAJRACHARYA, R.M.; SHARMA, S. Influence of drip-irrigation method on performance and yields of cucumber and tomato. **Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology**, Kathmandu, v.1, p.2-4, 2005.
- BAKI-ABDUL, A.; SPENCE, C. Black polyethylene mulch doubled yield of fresh-market field tomatoes. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.7, p.787-789, 1992.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- BESFORD, R.T.; MAW, G.A. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.41, p.601-618, 1999.
- BILL, S. Efficient fertilizer. **Rainfall plant food use**. Oklahoma: at <http://www.rainbowplantfood.com/agronomics/efu/fertigation.pdf> , 2001. 3p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 553 de 30 de agosto de 1995. Dispõe sobre a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate *in natura*, para fins de comercialização e Revoga as especificações de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate, estabelecidas pela Portaria nº. 76, de 25 de fevereiro de 1975. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, set, 1995.
- BRESLER, E. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. **Jornal of Irrigation Science**, Sidney, v.1, p.3-17, 1997,
- BRUNINI, O.; SANTOS, J.M.; ALFONSI, R.R., Estudo micrometeorológico com cenouras (Variedade Nantes): I. Influência da temperatura do solo. **Bragantia**, 1976, Campinas, v.35, n.4, p.49-54.

CADAHIA, L.C. **Fertirrigacion cultivos hortícola y ornamentales**. Barcelona: Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, 1998. 475 p.

CAMARGO, W.P. Perspectivas dos mercados de tomate para indústria e mesa. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, p. 51-54, 2001.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, C.A. S.; REIS, N. V. B.; FONTES, R. Fatores de evapotranspiração do tanque Classe A e níveis de fertirrigação com nitrogênio e potássio afetando o cultivo protegido de tomate: resumo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n.1,p.78, 1996.

CARVALHO, L. A. **Comportamento de cultivares de tomate de crescimento indeterminado (*Lycopersicon esculentum* Mill.), em ambiente protegido**. 2002. 96p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CLEMENT, B.D. Water Issues a Top Concern, **The Tomato Magazine**, Columbia publishing, Colombia, 2004. 9p.

COLLA, G.; CASA, R.; LO CASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. Responses of processing tomato to water regime and fertilization in central Italy. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.487, p.531-535, 1999.

COOK, W. P.; SANDERS, D. C. Nitrogen application frequency for drip-irrigated tomatoes. **HortScience**, Mont Vernon, v. 26, n. 3, p.250-252, 1991.

COWELL, L. **Potassium for the prairies**, Agronomist, Saskatchewan Wheat Pool, Saskatchewan, 2000. 3-4p.

CUNNINGHAM, K. **Tomato Products Situation and Outlook** .FAS Attaché Report web, Shari, 2004. 3p.

DAVIS, M.; DINHAM, B.; WILLIAMSON, S. Sustainable tomato production, pest management notes, **Pesticides Action Network** , London , v.13, 2p., 2002.

DENG, X.; SHAN, L.; ZHANG, H.; TURNER, N.C. Improving agricultural water efficiency in arid and semi arid areas of China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80, p.23-40 2006.

DINAR, M., RUDICH, J. Effect of heat stress on assimilate partition in tomato. **Annals of Botany**, London, v. 56, p.239-249, 1985.

EKERN, P.C. Soil moisture and soil temperature changes with the use of black vapour-barrier mulch and their influence on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) growth in Hawaii. **Soil Science Society of America Proceedings**, Houston, v. 31, n. 2, p. 270-275, 1967.

ELFVING, D.C. Crop response to trickle irrigation. **Horticultural Reviews** Belgium: John Wiley, 1982. 41-48p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

FONTES, P.C.R.; SAMPAIO, R.A.; MANTOVANI, E.C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertigation, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 2000. v.35, n.3, 575-580p.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION FAO. **Irrigation, drainage and salinity: An international source book**. Paris/London: UNESCO/Hutchinson, 2006.cap.8, 253p.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION FAO. New frontiers in capacity building in drainage. In: RITZEMA, H.P;WOLTERS, W. **WORKSHOP CAPACITY BUILDING FOR DRAINAGE IN NORTH AFRICA. Proceeding**, Cairo, 2001.

GENUCHTEN, M. Th. Van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, p.892-898, 1980.

GOMES, E.P. **Viabilidade de mudanças tecnológicas na Irrigação da tomaticultura de mesa**, Tese de Doutor Unicamp, Campinas, 2005, 13-15p. Faculdade de Universidade Estadual de Campinas, 2005.

GOULD, W. A. Tomato production, processing and quality evaluation. Westport: **The AVI**, Connecticut , 1974. 445p.

GRIERSON, D.; KADER, A. A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. (Ed.). **The tomato crop: a scientific basis for improvement**. London: Chapman and Hall, 1986. v. 6, p. 241-280p.

HANSON, R.; ROBERT, B.; DONALD M. Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water conditions. **Irrigation and Drainage Systems**, Dordrecht, v. 20, p. 155–175, 2005.

HARTZ, T. **Drip Irrigation and Fertigation Management of Processing Tomato**. Vegetable Research and Information Center University of California. Department of Land, Air, and Water Resources, University of California, Davis, 2005. 3p.

HAYNES, R.J. The use of polyethylene mulches to change soil microclimate as revealed by enzyme activity and biomass nitrogen, sulphur and phosphorus. **Biology and Fertility of Soil**, Berlin , v. 5, n. 3, p.235-240, 1987.

HOLMER, R.J.; SCHNITZLER, W.H. Drip irrigation for small-scale tomato production in the tropics. **Engineering Kasetart Journal** (Natural Science), Bangkok, v.32, p.56-60, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento sistemático da produção agrícola, banco de dados. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11> acesso em Dez. 2006

JADHAW, S.S.; GUTAL G.B.; CHOUGULE, A.A. **Cost economies of the drip irrigation system for tomatoes crop**. Department of Agricultural Engineering, College of Agriculture, Pune, India.1990.5 p

KIRKHAM, M.B. Principles of soil and plant relations, Oxford: Academic press, 2005. 520p.

KNAVEL, D.E., MOHR, H.C. Distribution of roots of four different vegetable under paper and polyethylene mulches. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, St Joseph, v. 91, p.589-597, 1970.

KÖPPEN, W.D. **Geographische system der klimate**. IN :KOPPES W , GEIGER R(Ed). Berlin Handbuch der klimatologie, 1936, Borntrager, v.1 part c.

KOVACH, S.P. Injection of fertilizers into drip systems for vegetables. **Citrus and Vegetable Magazine** , Knightsbridge, v.14, p. 40-47, 1983.

LAMONT, W.J. Plastic mulches for the production of vegetable crops. **Hort Tecnology**, Alexandria, v.3, n.1, p.35-39, 1993.

LEE, B.W.; SHIN, J.H. **Optimal irrigation management system of greenhouse tomato based on stem diameter and transpiration monitoring**. Agricultural Information Technology in Asia and Oceania. Suwon:The Asian Federation for Information Technology in Agriculture, 1998. 87–90p.

LOCASCIO, S.J.; OLSON, S.M.; RHOADS, F.M. Water quantity and time of N and K application for trickle-irrigated tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v.114, p.265-268, 1989.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, Hamilton, v.103, p.115-134, 1997.

MACÊDO, L.S. Effects of water levels and potassium fertirrigation on growth, production and quality of tomato fruits in greenhouse. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 29, p.296-304, 2005,

MACÊDO, L.S. Lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL) em ambiente protegido. Lavras, 2002. 34p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2002.

MACHADO, M.A.R.; OLIVEIRA, G.R.M.; PORTAS, C.A.M. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. **Plant and Soil**, New York, v. 255, p. 333-341, 2003.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. v.1, p. 331-350

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília : EMBRAPA Hortaliças, 2002. 32p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.nd ed. London: Academic, Embrapa Hortaliças. Brasília, 1995. 889p.

MARTINS, J.P. **Água e cidadania em Campinas e região**. O desafio do século 21, Campinas: câmara municipal de campinas e sociedade de abastecimento de água e saneamento (SANASA). Campinas, 2004. 116p.

MELLO, E. Brazil tomatoes and products. In Gain Report: Global Agriculture Information Network, Brasilia, 2006. 4-8p.(Report Number BR6615 Annual Report)

MENGEL, K. Impact of potassium on crop yield and quality with regard to economical and ecological aspects. In: IPI REGIONAL WORKSHOP ON: FOOD SECURITY IN THE WANA REGION, THE ESSENTIAL NEED FOR BALANCED FERTILIZATION, HELD AT BORNOVA, Izmir, 1997. **Proceedings**. Bern: International Potash Institute, Switzerland, 1997. 157-174p.

MILLER, R.J; ROLSTON, D.E; RAUSHKOLB, R.S; WOLVE, D.W. Labeled nitrogen uptake by drip-irrigated tomatoes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 265-270, 1981.

MOBAYEN, R.G. Germination of citrus of tomato seeds in relation to temperature. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 55, p. 291-297, 1980.

MULLINS, C.A.; STRAW, R.A.; RUTLEDGE, A.D. **Tomato production with fertigation and black plastic mulch**. Washington;Tennessee Agricultural Experiment Station Farm and Home Science, 1992. 23-28p.

MURPHY, W.S. Phosphorous and potassium nutrition of southern tomato transplants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 85, p.478-483, 1964.

NANNETTI, D.C. **Nitrogênio e potássio aplicados via fertágua na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão**. 2001.184p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2001.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2006**: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. 476-482 p: laranja.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2001**: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. p.513-524

PEET, M.M.; WILLITS, D. H.; GARDNER, R. Response of ovule development and post pollen production processes in male-sterile tomatoes to chronic, sub-acute high temperature stress. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 48 n.306, p. 101-111p.1997.

PEZESHKI, S.R. Plant responses to flooding. In: WILKINSON RE (Ed) **Plant environment interactions**. New York: Marcel Dekker ,1994. p.289-312.

PHENE, C.J.; DAVIS, K.R.; HUTMATMACHER R.B.; BAR-YOSEF, B.; MEEK, D.W.; MISAKI, J. Effect of high frequency surface and surface drip irrigation on root distribution of sweet corn. **Journal of Irrigation Science**, Berlin, v. 12, p.135-140, 1991.

PRIETO, M.H.; LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R. Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.487, p.575-579, 1999.

REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Ed.). **Plant analysis: an interpretation manual of tomato crop** submitted to different irrigation levels, potassium doses with and without mulching in protected environment. Melbourne: Inkata Press, 1986. 218p.

REY, Y.; COSTES, C. **La physiologie dela tomate: Étudebibliographique**. Versailles: Institut National de Ia Recherche Agronomique/ Station Centrale de Physiologie Végétale, 1965. 1v.

SALMAN, S.R.; BAKRY, M.O.; ABOU, A.F. The effect of plastic mulch on the microclimate of plastic greenhouse. **Acta Horticulturae**, DenHaag, v. 287, p.471-425, 1990.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio no solo coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 136-139,1998.

SAMPAIO, R.A. **Produção, qualidade dos frutos e teores de nutrientes no solo e no pecíolo do tomateiro, em função da fertirrigação potássica e da cobertura plástica do solo**. 1996. 117p.(Dissertação de Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

SANDERS, D.C. **Using plastic mulches and drip irrigation for vegetable production**. Department of Horticultural Science, College of Agriculture & Life Sciences, North Carolina State University, North Carolina,1996. 2-3p.

SANDERS, D.C. **Fresh market tomato production piedmont and castal plain of North Carolina**. Horticulture Information Leaflet 28-A North Carolina: College of Agriculture and Life Sciences, Department of Horticultural Science, 2001.346p.

SANTOS, R.F.; KLAR, A.E., BRAGA, M.B. **Efeitos da aplicação de N-K em água por gotejamento na produção de pimentão (*capsicum annuum* L.) em estufa de polietileno**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Poços de Caldas **Anais**. Poços da Caldas, 1998. 27p.

SARWAR, A.; PERRY, C. Increasing water productivity through deficit irrigation: evidence from the Indus plains of Pakistan. **Journal of Irrigation and Drainage Systems**, Dordrecht , 2002. v.51, p.87-92. 2002.

SAS INSTITUTE. **User's Manual**, Version 7.0. SAS Institute, Cary, 1998

SELINA, P.; BLEDSOE, M.E. **Greenhouse/Hothouse hydroponic tomato timeline**. Village Farms:Liver Pool, 2002. 8p.

SEZEN, S.M. Effects of drip irrigation management and different soilless culture on yield and quality o tomato grown in a plastic house. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Hamilton, v. 4, p.766-777. 2006.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA W.L.C.; PEREIRA, W. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) para industrialização**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ ,1994. 36p. (Instruções Técnicas, 12).

SILVA, H.R.; MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Resposta do tomateiro industrial a diferentes lâminas da água e dose de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HORTICULTURA, 11, Uberlândia, MG. 2002 Resumos Brasília: **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20 n.2 389p.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Produção mundial e nacional**. In: SILVA, J.B.C.: GIORDANO, L.B.(Org.) **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. p.8-11

SIMONNE, E.H.; HOCHMUTH, G.J. **Fertilizer and Nutrient Management for Tomato**. Gainesville Horticultural Sciences Department, Tomato Institute Program, 2003. 6p.

SNYDER, R.G. **Greenhouse Tomato Handbook**. Mississippi State University, Cooperative Extension Service, 1992. 30p.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2002.

SNYDER, R.G. **Greenhouse Tomato Handbook**. Publ. 1828 Mississippi State University. Mississippi, 1997. 26p.

SOARES, J.M.; FARIA M.B. Métodos de irrigação e adubação na cultura do tomate industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, p.281-286, 1983.

SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato fruit yield and water consumption with salty water irrigation, *Acta Horticulturae*, Den Haag, v.458, p. 215–220, 1998.

STRECK, N.A.; SCHNEIDER, P.M.; BURIOL, G.A. Modificações físicas causadas pelo mulching. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.2,p. 131-142, 1994

TAKAZAKI, P. E.; DELA-VECCHIA, P.T. **Problemas nutricionais e fisiológicos no cultivo de hortícolas em ambiente protegido.** In : FERREIRA, M. E. CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**, Piracicaba: Potafos,1993. p. 301-322.

TAN, C.S. Irrigation scheduling for tomatoes water budget approach. Research/Agriculture Canada, **fact sheet**, ISSN 1198-712X, p.257-560, TAN, C.S. **Irrigation Scheduling For Tomatoes Water Budget Approach.** Agriculture Canada, fact sheet, ISSN 1198-712X, Ontario, 1980.257-560p.

TEKINEL, O.; KANBER, R.S.; BAYTORUN, N. **The effects of trickle and conventional irrigation methods on some crop yields and water use efficiency under Ukurova conditions.** Southampton Irrigation: theory and practice, 1989.p. 641-651

THOMSON, P.A. Characterization of the germination response to temperature of vegetables seeds, I. Tomatoes. *Scientia Horticulturae*, Virginia, v 2, p.35-54, 1974.

TUMBARE, A.D.; SHINDE, B.N.; BHOITE, S.U. Effect of liquid fertilizer through drip irrigation on growth and yield of okra (*Hibiscus esculentus*). *Indian Journal Agronomy*. New Delhi, v.44, p.196-178, 1999.

WAN, S.; KANG, Y. Effect of drip irrigation frequency on Radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use. *Journal of Irrigation Science*. Berlin, v. 24, p.161-174, 2006.

WINSOR, G.W. **A note on the rapid assessment of boxiness in studies of tomato fruit quality.** Ann. Rep. Glasshouse crops. Littlehumpston, 1967. 7-8p.

YAGMUR, B.; OKUR, B.; ONGUN, A.R. Effects on Enhanced Potassium Doses on Yield, Quality and Nutrient Uptake of Tomato. **Regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa**; Rabat, Eger University, Faculty of Agriculture, Dept. of Soil Sciences, Turkey, 2004. 4p.

ANEXO 1

ANEXO 1 - Dose de nitrato de potássio aplicadas na tratamentos K1(50%) , K2 (100%) e K3(150%)

ANEXO 1 - Dose de nitrato de potássio aplicadas na tratamentos K1(50%) , K2 (100%) e K3(150%)											
		Potássio			Potássio			Potássio			
		Concentração (%)			(Kg.tratamento ⁻¹)			(Kg.há ⁻¹)			
Tratamentos		K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3	
Potássio (%)											
1 st fase											
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	3	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	5,05	10,10	15,15	
4	3	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	5,05	10,10	15,15	
5	4	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,08	11,62	23,23	34,85	
2 nd fase											
6	5	0,01	0,03	0,04	0,03	0,06	0,09	12,63	25,25	37,88	
7	5	0,01	0,03	0,04	0,03	0,06	0,09	12,63	25,25	37,88	
8	7	0,02	0,04	0,05	0,04	0,08	0,12	17,68	35,35	53,03	
9	7	0,02	0,04	0,05	0,04	0,08	0,12	17,68	35,35	53,03	
10	8	0,02	0,04	0,06	0,05	0,09	0,14	20,20	40,40	60,61	
11	8	0,02	0,04	0,06	0,05	0,09	0,14	20,20	40,40	60,61	
3 rd fase											
12	10	0,03	0,05	0,08	0,06	0,12	0,18	26,26	52,53	78,79	
13	12	0,03	0,06	0,10	0,07	0,15	0,22	32,79	65,58	98,36	
14	10	0,03	0,05	0,08	0,06	0,12	0,18	26,26	52,53	78,79	
Total		0,21	0,41	0,62	0,47	0,94	1,40	208	416,08	624,12	
Fonte : Adaptada de Alvarenga (2004)											